

**AGOSTO
2024**



MAYYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS



AGOSTO
2024



MAYA

REVISTA DE GEOCIENCIAS

Revista Maya: Revista Maya de Geociencias que (RMG) nace del entusiasmo de profesionistas con la inquietud de difundir conocimientos relacionados con la academia, investigación, la exploración petrolera y Ciencias de la Tierra en general.

El objetivo principal de la revista es proporcionar un espacio a todos aquellos jóvenes profesionistas que deseen dar a conocer sus publicaciones. Los fundadores de la revista son *Luis Angel Valencia Flores, Bernardo García Amador y Claudio Bartolini*.

Otro de los objetivos de la Revista Maya de Geociencias es incentivar a profesionales, académicos, e investigadores, a participar activamente en beneficio de nuestra comunidad joven de geociencias.

La Revista tendrá una publicación mensual, por medio de un archivo PDF, el cuál será distribuido por correo electrónico y compartido en las redes sociales. Esta revista digital no tiene fines de lucro. La RMG es internacional y bilingüe. Si desean participar o contribuir con algún manuscrito, por favor comuníquense con cualquiera de los editores.

Las notas geológicas tienen como objetivo el presentar síntesis de trabajos realizados en México y en diferentes partes del mundo por jóvenes profesionales y prestigiosos geocientíficos. Son notas esencialmente de divulgación, con resultados y conocimientos nuevos, en beneficio de nuestra comunidad de geociencias. Estas notas no están sujetas a arbitraje.

Portada de la Revista: Los impresionantes acantilados de la Playa de las Catedrales, ubicada en la costa de Galicia, España, están formados por cuarcitas y pizarras que se originaron hace unos 500 millones de años. Las rocas actuales eran entonces arenas, limos y arcillas que se movían en un fondo marino de profundidad no determinada por corrientes tractivas que serían compatibles tanto con las corrientes gravitacionales, tipo turbidita como las de fondo oceánico regional llamadas las corrientes termohalinas. La secuencia actual se encuentra hoy día en la costa como resultado de la colisión entre los supercontinentes Laurusia y Gondwana hace 350 millones de años, que formó una cordillera similar en dimensiones al Himalaya, y de su posterior erosión. La fuerza del océano, ha erosionado estas rocas preferentemente en zonas de fracturas dando lugar a las espectaculares formaciones de arcos y grutas que todos los años visitan miles de personas de todo el mundo. Descripción de **Ramón López Jiménez**. Fotografía de **Claudio Bartolini**.

Revista Maya: The Revista Maya de Geociencias (RMG) springs from the enthusiasm of professionals with a desire to distribute knowledge related to academic research, exploration for resources and geoscience in general.

The main objective of the RMG is to provide a place for young professionals who wish to distribute their publications. The founders of the Revista are Luis Ángel Valencia Flores, Bernardo García and Claudio Bartolini.

A further objective of the RMG is to encourage professionals, academicians and researchers to actively participate for the benefit of our community of young geoscientists.

The RMG is published monthly as a PDF file distributed by email and shared through social media. This digital magazine has no commercial aim. It is international and bilingual (Spanish and English). If one wishes to participate or contribute a manuscript, please contact any of the editors.

The geological notes aim to synthesize work carried out in Mexico and other parts of the world both by young professionals and prestigious geoscientists. These notes are produced principally to reveal new understandings for the benefit of our geoscientific community and are not subjected to peer review.

**Es importante aclarar, que las opiniones científicas, comerciales, culturales, sociales etc., no son responsabilidad, ni son compartidas o rechazadas, por los editores de la revista.*

EDITORES



Luis Angel Valencia Flores (M.C.). Ingeniero Geólogo y Maestro en Ciencias en Geología, egresado de la Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura-Unidad Ticomán. Ha trabajado en el IMP, Pemex Activo Integral Litoral de Tabasco, Schlumberger, Paradigm Geophysical, Comisión Nacional de Hidrocarburos, Aspect Energy Holdings LLC, actualmente es académico del IPN (posgrado y licenciatura) y la UNAM (licenciatura) impartiendo las materias de Evaluación de formaciones, Caracterización de yacimientos, Geología de yacimientos, Geoquímica, entre otras del ramo petrolero. Cuenta con experiencia de 20 años trabajando en diversos proyectos de planeación y

perforación de campos, pozos costa afuera, petrofísica, geomodelado y caracterización de yacimientos entre ellos: Cantarell, Sihil, Xanab, Yaxche, Sinan, Bolontiku, May, Onixma, Faja de oro, campos de Brasil, Bolivia y Cuba. Como Director General Adjunto en la CNH fue parte del equipo editor técnico en la generación de los Atlas de las Cuencas de México, participó como ponente del Gobierno de México en eventos petroleros de Canadá, Inglaterra y Estados Unidos. Es Technical Advisor del Capítulo estudiantil de la AAPG-IPN.

luis.valencia.11@outlook.com



Bernardo García-Amador obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra por la UNAM en 2024. Su geo-pasión es entender la evolución tectónica de Centroamérica, así como del sur y este de México antes, durante y posterior a la fragmentación de Pangea. Además imparte el curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería

de la UNAM. Bernardo ha publicado parte de su trabajo de doctorado en las revistas Tectonics y Tectonophysics, además de ser coautor de otros artículos científicos de distintos proyectos.

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



Josh Rosenfeld (Ph.D.). He obtained an M.A. from the University of Miami in 1978, and a Ph.D. from Binghamton University in 1981. Josh joined Amoco Production Company as a petroleum geologist working from 1980 to 1999 in Houston, Mexico and Colombia. Upon retiring from Amoco, Josh was employed by Veritas DGC until

2002 on exploration projects in Mexico. He has been a member of HGS since 1980 and AAPG since 1981, and currently does geology from his home in Granbury, Texas.

jhrosenfeld@gmail.com



Claudio Bartolini (Ph.D.) is presently a senior exploration advisor at Petroleum Exploration Consultants Americas. He has more than 25 years of experience in both domestic and international mining and petroleum exploration, mainly in the United States and Latin America. Claudio was an associate editor for the AAPG Bulletin and he has edited several books on the petroleum geology of the Americas. He is a

Correspondent member of the Academy of Engineering of Mexico.

Claudio was made an Honorary Member of the AAPG in 2022 in recognition of his service to the Association, and his devotion to the science and profession of petroleum geology.

bartolini.claudio@gmail.com

COLABORADORES



Ing. Humberto Álvarez Sánchez. Más de 5 décadas dedicadas a la geología de Cuba occidental y central. Cartógrafo en los macizos metamórficos y ofiolíticos de Cuba central y editor cubano de la Expedición checoslovaca Escambray II. Autor/coautor de 23 unidades del Léxico Estratigráfico de Cuba y miembro de las subcomisiones del Jurásico, Cretácico y Paleógeno de la Comisión del Léxico. Es el descubridor del mayor depósito cubano de fosforitas marinas. Gerente de Operaciones de Geotec, S.A.; dirigió exploraciones de Cu y Au en la Cordillera Central de Panamá y Perú para Juniors canadienses. Country Manager de Big Pony Gold de Utah y Geólogo Senior de Gold Standard Brasil, exploró prospectos de oro en el basamento cristalino de Uruguay y en los Estados de Santa Catarina y Mato



Ramón López Jiménez es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, Mexico, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en



José Antonio Rodríguez Arteaga es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela. Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

Grosso del Norte. El Ministro de Comercio e Industrias lo nombró Miembro de la Comisión "Ad Honorem" del Plan Maestro de Minería de Panamá. El Banco Interamericano de Desarrollo le encargó de redactar el Proyecto de Geología y Minería y parte de su Misión Especial para su entrega al Gobierno panameño. Anterior Miembro del Consejo Científico de GWL de la Federación Rusa y Representante del BGS en América central. Director de Miramar Mining Panamá y Minera Santeña, S. A., reside en Panamá y redacta obras sobre geología de Cuba y Panamá. En el repositorio Academia edu, se encuentran 22 artículos suyos.

geodoxo@gmail.com

afloramientos antiguos de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk

Metalogenia, Ecuador y Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos en Colombia. Tiene en su haber como autor y coautor, tres libros dedicados a la catalogación sísmológica del siglo XX; a la historia del pensamiento sísmológico venezolano y la coordinación de un atlas geológico de la región central del país, preparado junto al Dr. Franco Urbani, profesor por más de 50 años de la Escuela de Geología de la Universidad Central. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.arteaga@gmail.com



Natalia Silva (MSc): Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Postgrado en Petroleum Geoscience de la Heriot-Watt University y Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universitat de Barcelona. Su carrera empieza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia y en proyectos mineros de Níquel colombianos. Tiene más de 10 años de experiencia en el sector de hidrocarburos en desarrollo de

yacimientos y geomodelado en cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. Más recientemente, su carrera está enfocada en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, ha elaborado proyectos de generación eléctrica a partir de instalaciones fotovoltaicas en Europa y los Estados Unidos.

ensilvacruz@gmail.com



María Guadalupe Cordero Palacios es candidata para obtener el grado de maestra en ingeniería por la UNAM, geocientífica entusiasta por la divulgación en México. Se ha desempeñado como geocientífica en el área de exploración de recursos naturales en las empresas Fresnillo PLC, SGM y ha colaborado

con la Universidad Complutense de Madrid. Su principal gusto en las geociencias se centra en la geología estructural.

lup@comunidad.unam.mx



Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com



Rafael Tenreyro Pérez, se gradúa de ingeniero en geofísica de exploración de petróleo en 1974 en la Academia Estatal de Petróleo de Azerbaiyán, Master en Ciencias en Geología del Petróleo en la Universidad Politécnica CUJAE de la Habana en 1981 y Doctor en ciencias en Geofísica de Exploración la Universidad de Petróleo Gubkin de Moscú, Rusia, en 1987.

Tiene cuarenta y ocho años de experiencia en la industria petrolera en Cuba y en otros países fundamentalmente en la especialidad de exploración de yacimientos de petróleo y gas. Durante este tiempo transitó desde ingeniero geofísico de adquisición hasta Jefe de Exploración de la empresa petrolera nacional de Cuba - Cupet, cargo

que ocupó por 16 años hasta su retiro en 2016. Investigador científico también recorre desde Aspirante a Investigador a Investigador Titular. Fue Jefe técnico del programa de exploración en la Zona Económica Exclusiva del Golfo de México. Director Técnico del Comisión para la Plataforma Extendida de Cuba. Tiene más de doscientas publicaciones que incluyen artículos científicos, presentaciones en eventos, conferencias, mapas, monografías y libros de texto. Premio de Geología Antonio Calvache Dorado de la Sociedad Cubana de Geología en 1992. En estos momentos trabaja en la empresa australiana Melbana Energy Limited.

tenreyro2015@gmail.com



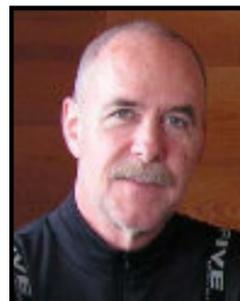
Laura Itzel González León / Ingeniera geóloga ambiental

Profesionista inclinada a la Geología aplicada a obras de ingeniería civil y a riesgos geológicos desencadenados por fenómenos antrópicos y naturales. Experiencia en

levantamientos geológico-estructurales, logeo geológico, instrumentación geotécnica, cartografía de riesgos, supervisión de perforaciones y difusión de geopatrimonio.

gleon.laura@gmail.com

Todo el equipo de la Revista Maya de Geociencias (RMG) les agradece a Marisol Polet Pinzón Sotelo, Salvador Ortuño Arzate, Jon Blickwede y a Saúl Humberto Ricardez Medina, por su entusiasmo, esfuerzo y aportaciones como colaboradores en la RMG. Cada pequeño paso que dimos en equipo con ustedes fortaleció y continúa fortaleciendo esta grandiosa labor de difundir y divulgar las geociencias a lo largo y ancho de Latinoamérica y el mundo.



Asimismo, aprovechamos este espacio para anunciarles que próximamente se sumarán nuevos integrantes colaboradores en la RMG, así como muchas sorpresas más.

Nuevo Canal Youtube de la Revista Maya de Geociencias

Es un gran placer informarles que hemos establecido un Canal Youtube de nuestra Revista Maya para la difusión de videos de temas de Ciencias de la Tierra. Ya iniciamos nuestras actividades en: <https://www.youtube.com/channel/UCYJ94EyLj4LqnVbbTXh5vpA>

Estimados colegas,

Te invitamos a que visites la página web de nuestra Revista Maya de Geociencias, donde podrán encontrar (en formato PDF), todas las revistas que hemos publicado hasta ahora, mismas que pueden descargar de la página. También estaremos incluyendo información adicional que sea de utilidad para nuestras comunidades de geociencias.

<http://www.revistamaya.com/>



Visítanos en Revista Maya de Geociencias

<https://www.facebook.com/groups/430159417618680>





**SEMINARIO INSTITUCIONAL
DEL INSTITUTO DE GEOFÍSICA 2024**

Paleomagnetismo, magnetismo de rocas y fábrica magnética aplicados a la tectónica: ejemplos del sur de México y Centroamérica.



Dr. Bernardo Ignacio García Amador
Colaborador del Laboratorio de Paleomagnetismo del IGEF y profesor de la Facultad de Ingeniería.

12:00 h. | 30 JULIO
TRANSMISIÓN EN VIVO
Auditorio Tlayolotl – Dr. Ismael Herrera Revilla

  **@GeofisicaUNAM**



Se entregará constancia
Regístrate AQUÍ
<https://lu.ma/psaBen8n>




Tertiary mylonites, Catalinas metamorphic core complex, Tucson, Arizona. Photo by Claudio Bartolini.

Estimados Colegas

Ahora que hemos llamado su atención, aprovechamos la oportunidad para invitarlos cordialmente a participar en nuestra Revista Maya de Geociencias, con diversos Temas de Interés y Manuscritos Cortos relacionados a cualquier tema de las Ciencias de la Tierra y similares. Todos los trabajos son bienvenidos, puesto que la función primordial de la revista es la difusión de las geociencias.

Si los manuscritos son relativamente largos, también pueden ser publicados, pero en nuestras Ediciones Especiales de la revista, las cuales no tienen las limitaciones de tamaño, como los números mensuales de la revista.

Nuestro agradecimiento a **Manuel Arribas**, un gran fotógrafo y excelente diseñador gráfico Español, por la creación del nuevo logotipo de la Revista Maya de Geociencias y sus indicaciones para la compaginación de la misma. <https://manuelarribas.es/>



Prince Christian Fjord in Greenland. It shows a recumbent fold in the metamorphic rocks with some puzzling faulting. Photo by Joshua Rosenfeld.

Esteemed colleagues

Now that we have your attention, we take this opportunity to cordially invite your participation in the Revista Maya de Geociencias in the form of short manuscripts touching upon diverse relevant themes of interest. All work is welcome, as the primary function of the magazine is to broadcast geoscientific ideas.

If the manuscripts are relatively long, they will be published in our magazine's Special Editions since the Special Editions do not have size limitations, as do our monthly issues (below).

Basic Instructions for Authors

Authors submitting material to be published in the Revista Maya de Geociencias are asked to adhere to the following editorial guidelines when sending manuscripts to the editing team and/or its collaborators:

(biographical sketches): a maximum of 3 pages

Notes on pioneers in the geosciences: a maximum of 4 pages

Themes "of interest to the community": a maximum of 4 pages

Geological notes: a maximum of 10 pages

CONTENIDO

**AGOSTO
2024**

| | |
|---------------------------------------------------|---------------------|
| Semblanzas..... | 12 |
| Miscelanea de imágenes..... | 15 |
| Resúmenes de tesis y publicaciones..... | 19 |
| Los libros recomendados..... | 34 |
| Temas de interés..... | 36 |
| Fotografías de afloramientos/microscopio..... | 67 |
| Notas geológicas..... | 73 |
| Misceláneos | |
| Museos de historia natural..... | 112 |
| GeoLatinas – GeoSeminarios..... | 113 |
| RAUGM–Mexico 2024..... | 115 |
| Explora Expo 2024..... | 116 |
| EAGE Workshop México 2024..... | 116 |
| XXXIV Congreso Nacional de Geoquímica–México..... | 117 |
| EAGE Chapter Mexico 2024..... | 118 |
| La casa de los Tsunamis..... | 119 |
| Caverna del Arte..... | 120 |
| Geo-caricatura (Wilmer Pérez Gil)..... | 123 |
| Descubren registros humanos–Argentina..... | 124 |
| Asociaciones geológicas hermanas..... | 125 |

SEMBLANZAS

Djebbar Tiab

Por: Luis Angel Valencia Flores, Editor de la Revista.

Dr. Djebbar Tiab served as a Professor of Petroleum Engineering at the University of Oklahoma from July 1977 to June 2014. He is now a visiting professor at the African University of Science & Technology (AUST) in Abuja, Nigeria. Tiab is the owner and general manager of his Consulting & Training company United Petroleum Technology, LLC (UPTEC), registered in Oklahoma, USA.

Dr. Tiab is the author/co-author of over two hundred sixty (260) conference and journal technical papers in the area of pressure transient analysis, dynamic flow analysis, Petrophysics, natural gas engineering, reservoir characterization, reservoir engineering and injection processes. In 1975 (M.S. thesis) and 1976 (Ph.D. dissertation). He is the senior author of the textbook "Petrophysics": 1st Edition was published by Gulf Publishing Company in 1996; the 2nd, 3rd and 4th updated editions were published by Elsevier in 2004, 2012, and 2015. Petrophysics is available in Chinese, Russian and soon in Portuguese and Spanish. He has co-authored three research books titled "Productivity Equations for Oil Wells", "Petroleum Reservoir Characterization – Interwell Connectivity", published in 2009 by VDM Publishing House, and "Analytical Solutions to Productivity and Pressure Transient Equations" published by VDM & LAP Lambert Academic Publishing AG & Co., August 2010. Dr. Tiab has consulted for a number of oil companies and offered training programs in petroleum engineering in the U.S.A. and overseas. He worked for over two years in the oil fields of Algeria for Alcore, S.A., an association of Sonatrach and Core Laboratories. He has also worked and consulted for Core Laboratories and Western Atlas in Houston, Texas, for four years (1990-1993) as a Senior Reservoir Engineering Advisor. He received the 1995 SPE Distinguished Achievement Award for Petroleum Engineering Faculty. He also received the technical 2003 SPE Formation Evaluation Award for "Outstanding achievements in Petrophysics and reservoir engineering." Dr. Tiab received in November



2013 the Africa Education Leadership "Best Professor in Petroleum Engineering" Award. Dr. Tiab is a member of the Russian Academy of Natural Sciences.

EDUCATION

- B.Sc Petroleum Engineering.
- M.Sc Petroleum Engineering.
- Ph.D. Petroleum Engineering.

MAJOR CONTRIBUTIONS TO OIL & GAS INDUSTRY

- Dr. Tiab has significant contributions to the Oil & Gas Industry.
- Dr. Tiab introduced the pressure derivative technique, which revolutionized the interpretation of pressure transient test analysis and published more than 260 technical papers.
- Developed patents for CORE LAB in the area of reservoir characterization (identification of flow units).

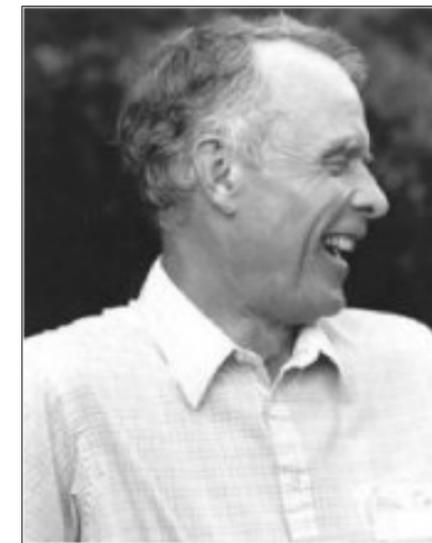
<https://www.ogknowledgeshare.com>

Allan Verne Cox: 1926 - 1987

Allan Cox was one of the preeminent geophysicists of his generation. He made many important scientific contributions to the field of paleomagnetism and to the study of plate tectonics. His untimely death at the age of 61 was a loss to Stanford University, his home institution, and to the geophysics community.

Cox was born in Santa Ana, California, in 1926 as the son of a house painter. He attended the University of California at Berkeley where he started his education as a chemistry major. He only went to Berkeley for one quarter before he dropped out and joined the merchant marine. His work in the merchant marine allowed him time for one of his great loves, reading over a wide range of topics. After three years in the merchant marine, he returned to Berkeley, again as a chemistry major. One of his life defining experiences at that time was spending summers in Alaska with geologist Clyde Wahrhaftig of the U.S. Geological Survey. These summer jobs gave Cox a strong love of geology. When he returned to Berkeley to continue his education at the end of the summer, he found chemistry dull by comparison and his grades suffered. This led to the loss of his student deferment from the military draft and he ended up in the army for two years. When he came back to Berkeley after the army, strongly motivated to succeed at his studies, he changed his major to geology. In 1955, he earned his bachelor of arts from Berkeley in geology. He continued his education with graduate work in geology at Berkeley. His initial intent was to study ice and rock glaciers, the objects of his summer field work with Wahrhaftig, but instead he decided to work with John Verhoogen on rock magnetism. At that time Verhoogen was one of the few Berkeley faculty members who was receptive to the idea of continental drift. This gave Cox an early exposure and interest in the field that would become plate tectonics.

Cox received a master of arts in 1957 and his PhD from Berkeley in 1959 and went to work at the U.S. Geological



Survey in Menlo Park, California. At the Survey he worked with another rock magnetist, Dick Doell, on the paleomagnetic record of geomagnetic field reversals. For this work, Cox and Doell needed some way to accurately date the rocks carrying paleomagnetic records of reversed and normal geomagnetic field polarity, so they convinced the U.S. Geological Survey to hire Brent Dalrymple who could use the radiogenic decay of K to Ar to determine the age of igneous rocks being studied paleomagnetically. The research team of Cox, Doell, and Dalrymple made important contributions to Earth science by unraveling the record of polarity intervals of the geomagnetic field over the past 5 Ma. They traveled to far corners of the globe to collect igneous rocks of various ages, measured their paleomagnetism at their laboratory in Menlo Park, conducted demagnetization experiments to isolate the primary magnetization of the rocks, and dated the rocks radiogenically. There was spirited competition with other researchers conducting similar research at this time, particularly an Australian team consisting of Tarling, Chamalaun, and McDougall, based at the Australian National University. The two teams would make friendly wagers about who would discover the next polarity interval in the quest for the full revelation of the

geomagnetic polarity time scale. The bets would be paid off, usually in cocktails, at the next professional meeting. The geomagnetic timescale for the past 5 Ma was completed by 1969 and was crucial to the seafloor spreading interpretation of the seafloor magnetic anomalies that were discovered to be parallel to the mid-ocean ridges at about this time.

In 1967, Allan Cox moved from the U.S. Geological Survey to nearby Stanford University in Palo Alto, California, and became the Cecil and Ida Green Professor of Geophysics. At Stanford he studied various aspects of paleomagnetism with his graduate students, contributing to the understanding of many topics, including the transition of the geomagnetic field between polarity states, the characteristics of geomagnetic field intensity, the statistics of polarity interval lengths, the rock magnetism of seafloor basalts and sedimentary rocks, vertical axis rotations of tectonic blocks, and the structure of a plate's apparent polar wander path. He developed a strong interest in the paleolatitudinal motion of the tectonostratigraphic terranes that were just being recognized by geologists at that time.

In 1979, he became dean of Stanford's School of Earth Sciences and showed a gift for being an administrator. During his stint as dean he kept up his teaching and his research and stayed involved with undergraduates, through undergraduate research projects and helping design the lighting for the student theatre. He was viewed as the paramount example of a true teacher-scholar, excelling equally at teaching, research, and service to Stanford University and his professional societies. He also served his community in the hills to the west of Palo Alto, studying with fellow faculty members and students the effects of logging on soil erosion and watersheds and

publishing a small book on the subject, Logging in Urban Counties.

Allan Cox had a productive scientific career, publishing over 100 scientific journal articles and two textbooks on plate tectonics, Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals and Plate Tectonics, How it Works with Robert B. Hart. He also received many professional honors. He was elected to the National Academy of Sciences, the American Philosophical Society, and the American Academy of the Arts and Sciences. He was president of the American Geophysical Union from 1978–1980. He received the Day Medal of the Geological Society of America, the Fleming Medal of the American Geophysical Union, and the Vetlesen Medal of Columbia University.

He died in a bicycle accident on January 27, 1987, running off the road in the hills west of Stanford and into a redwood tree. Tragically, his death was ruled a suicide, probably brought on by failings and crises in his personal life.

Bibliography

Cox, A.V., 1973. Plate Tectonics and Geomagnetic Reversals. San Francisco, CA: W.H. Freeman and Company.

Cox, A.V., and Hart, R.B., 1986. Plate Tectonics, How it Works. Palo Alto, CA: Blackwell Scientific.

Text taken from Kenneth P. Kodama.

Kodama, K. P. (2007). COX, ALLAN V. (1926–1987). In D. Gubbins & E. Herrero-Bervera (Eds.), Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism (pp. 139–140). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4423-6_57

de la UNAM. Bernardo ha publicado parte de su trabajo de doctorado en las revistas Tectonics y Tectonophysics, además de ser coautor de otros artículos científicos de distintos proyectos.

bernardo.garcia@ingenieria.unam.edu



Bernardo García-Amador obtuvo su doctorado en Ciencias de la Tierra por la UNAM en 2024. Su geo-pasión es entender la evolución tectónica de Centroamérica, así como del sur y este de México antes, durante y posterior a la fragmentación de Pangea. Además imparte el curso de tectónica en la Facultad de Ingeniería

Miscelanea de Imágenes



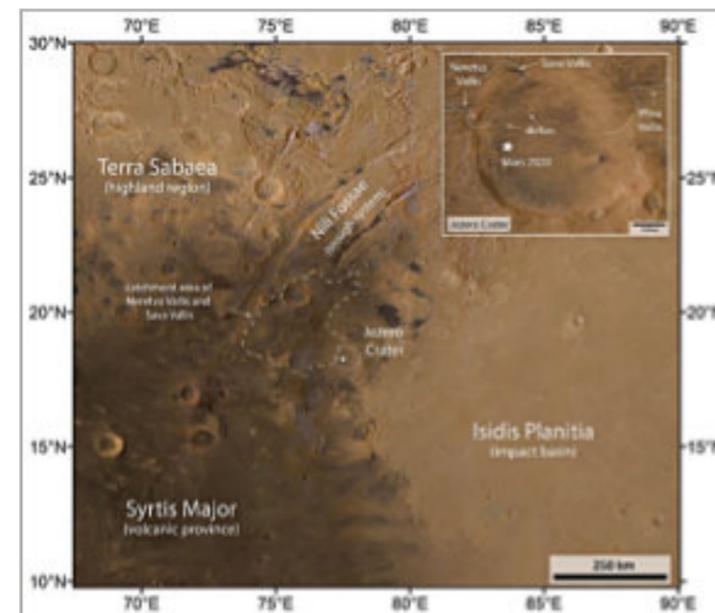
El cráter Jezero, un lugar idóneo para encontrar vida en Marte.

El Jezero, un cráter de impacto de unos 35 kilómetros de diámetro situado en el hemisferio norte del planeta rojo, atesora restos geológicos de un antiguo lecho lacustre. Su estudio podría arrojar nueva luz sobre la existencia de vida en el vecino de la Tierra.



Los científicos ven pruebas de que el agua transportó hasta el Jezero minerales arcillosos procedentes del delta hasta el lago del cráter, con lo que es posible que la vida microbiana podría haber prosperado allí durante el 'período húmedo' de Marte. Si así fuese, es probable que puedan encontrarse restos de vida, tanto en el lecho lacustre como en los sedimentos presentes en la línea de costa. Los datos proporcionados por el Perseverance ayudarán a la comunidad científica a estudiar cómo se formó y evolucionó aquella región a partir de muestras de rocas recolectadas por el robot explorador.

Alcalde Sergi, Revista National Geographic, España, 2023.



Imágenes obtenidas de la página oficial de la NASA. <https://www.nasa.gov/>.

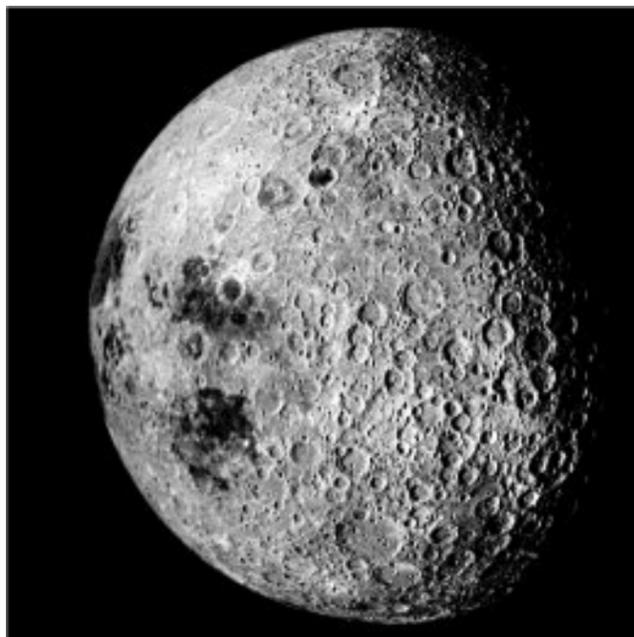
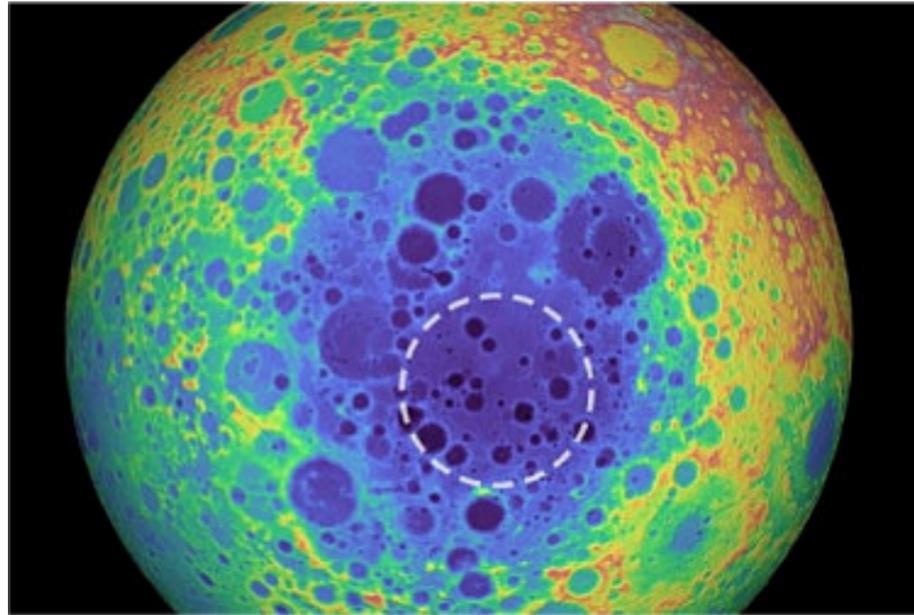
Hallan en la cara oculta de la Luna una enorme y misteriosa masa metálica.

El descubrimiento de una inmensa masa metálica de unos 50.000 kilómetros cuadrados bajo el suelo de la cara oculta de la Luna ha desconcertado a los científicos. Un estudio de la universidad estadounidense de Baylor ha hallado esta gran concentración misteriosa en la conocida como cuenca de Aitken, dentro del Polo Sur lunar, bajo el mayor cráter de impacto conocido en todo el Sistema Solar. La principal hipótesis es que la masa estaría formada por el metal del asteroide que se estrelló contra la Luna y originó el cráter.

La cuenca de Aitken, situada en la cara oculta de la Luna, es un lugar de gran interés científico. No en vano, China está centrando allí gran parte de los esfuerzos de su actual misión en la cara oculta de la Luna. Se trata del mayor cráter de impacto conocido en el Sistema Solar, de 2.000 kilómetros de diámetro y doce kilómetros de profundidad, con una edad estimada de 4.000 millones de años.

Las simulaciones por ordenador de grandes impactos de asteroides sugieren que, en las condiciones adecuadas, el núcleo de hierro y níquel de un asteroide puede dispersarse en el manto superior (la capa entre la corteza y el núcleo de la Luna) durante un impacto. Información obtenida de Ciencia y Tecnología, Corporación de Radio y Televisión Española 2024.

<https://www.rtve.es/corporacion/>



Fotografías de la cara oculta de la luna, obtenidas de la página de la NASA. <https://www.nasa.gov/>.



Ruiz E. (2022). **La Geoda Gigante de Pulpí**. [Fotografía]. Traveler. España. Las geodas son un grupo de minerales que se disponen en cavidades donde se forman cristales. Esta geoda es llamada "La Geoda gigante de Pulpí" está localizada en el interior de la Mina Rica, situada en la ladera oriental de la Sierra del Aguilón, en la pedanía de Pilar de Jaravía, ubicada en España. Es la geoda más grande en Europa. La cavidad de esta geoda gigante mide alrededor de los 11 metros cúbicos y sus cristales de yeso llegan hasta los 2 metros de largo. Se cree que el enorme tamaño de estos cristales de yeso se debe a fluctuaciones de temperatura en escalas temporales largas durante su formación. Otra teoría indica que hubo un canibalismo entre los cristales por así decirlo, donde los cristales más pequeños se disuelven dentro de la sopa química y sus componentes son absorbidos o canibalizados dentro de los cristales más grandes, ayudando a la formación de estos enormes cristales.



Fundación Aquae. (2021). **La catarata submarina de Isla Mauricio**. [Fotografía]. Fundación Aquae. Isla Mauricio. La isla Mauricio está ubicada en el Océano Índico, al este de Madagascar, es parte del grupo de las Mascareñas. Esta isla se caracteriza por su cascada submarina, pero ¿Es una cascada submarina en realidad? Para ser exactos no lo es, este espectáculo solamente es un efecto óptico. El movimiento de las corrientes oceánicas empuja los depósitos de arenas y limos formando la ilusión de una cascada, este constante movimiento cambia los colores del agua, obteniendo así gamas de color azul, verde, blanco y pardo, como resultado de la sensación de que la cascada cae al interior del océano.

FOTOGRAFÍA DEL RECUERDO



Asistentes (Instituto de Geología UNAM, PEMEX y otros) a la excursión geológica a el Cañón de la Peregrina, Edo. Tamaulipas, Mex., en marzo de 1962. De pie y de izquierda a derecha: Ralph Miller (USGS), Diego A. Córdoba, Amado Yáñez-Correa, L. Limón, Odilón Ledesma-Guerrero, Guillermo P. Salas (Director del Instituto de Geología, UNAM), José Carrillo Bravo (Guía de la excursión, PEMEX), Carl Fries Jr., Eduardo Schmitter-Villada, Gonzalo Ávila de Santiago (tesista), Alberto RV Arellano y José C. (de Bolivia). En cuclillas o sentados, de Izq. a Der. : Héctor Ochoterena, Salvador Enciso de la Vega, Zoltan de Cserrna, Gloria Alencaster, César Rincón Orta y Federico Mayer-Pérez Rul. (Foto proporcionada por el **Dr. Zoltan de Cserrna** (ya finado)).

FUENTE:

Facebook

Jorge Rodríguez *in* Geology WORLD.

31 de diciembre de 2021

(Con algunas adecuaciones por AGR).

PUBLICACIONES

TESIS & RESÚMENES

Juan G. Peña Domínguez

Caracterización térmica y estructural en la cuenca Wagner, Golfo de California, a partir de mediciones sistemáticas de flujo de calor y sísmica de reflexión

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias. 2024.

Sustentante: **Juan Gerardo Peña Domínguez.**

Directores de Tesis: *Dr. Juan Contreras Pérez y Dra. Raquel Negrete Aranda.*

Resumen

La cuenca Wagner, ubicada en el extremo norte del Golfo de California, alberga un gran reservorio con potencial geotérmico documentado en recientes estudios de flujo de calor. Aunque estos estudios demuestran que hay generación de calor por encima del valor promedio de una corteza oceánica en la cuenca de Wagner, no está claro cuál podría ser el origen de la fuente de calor a profundidad. Para comprender mejor la estructura térmica y geodinámica en el norte del Golfo de California, se llevó a cabo la adquisición de cuatro perfiles de reflexión sísmica multicanal 2D y dos perfiles sistemáticos de flujo de calor en la cuenca Wagner. Los perfiles de flujo de calor tuvieron una longitud de ~12 y ~9 km, casi perpendiculares entre sí, con un espaciado de medición nominal de ~1 km y fueron adquiridos sobre dos de los cuatro transectos de los perfiles de sísmica de reflexión. Los dos perfiles sísmicos restantes tuvieron una longitud de ~34 y ~40 km y se adquirieron con una orientación aproximada SOO-NEE. Para la obtención de las imágenes sísmicas, se utilizó un flujo de trabajo de procesamiento sísmico convencional. Para las mediciones de flujo de calor, se estimaron correcciones para perturbaciones ambientales debidas a sedimentación y cambios en la temperatura del agua del fondo. Los resultados de las mediciones corregidas de flujo de calor revelan una alta variabilidad en los valores registrados, oscilando entre 295 ± 42 mW/m² y 10894 ± 114 mW/m². La interpretación de estos datos sugiere que el flujo de calor elevado en el centro de los perfiles se debe principalmente a la advección de fluidos calientes a través de la zona de falla Wagner. Por otro lado, las áreas con flujo de calor más bajo y estable indican una transferencia de calor por conducción, lo cual es típico en regiones con menor actividad de fallas. Con base en estas interpretaciones, se propuso un modelo geológico conceptual simplificado del sistema hidrotermal para la cuenca Wagner el cual sugiere que el ascenso de fluidos parece ser el resultado de una pluma térmica aislada a profundidad, que se eleva desde la base del paquete sedimentario producto del calentamiento basal de un zócalo gabrónico y que es canalizada a través del sistema de fallas y fracturas permeables.

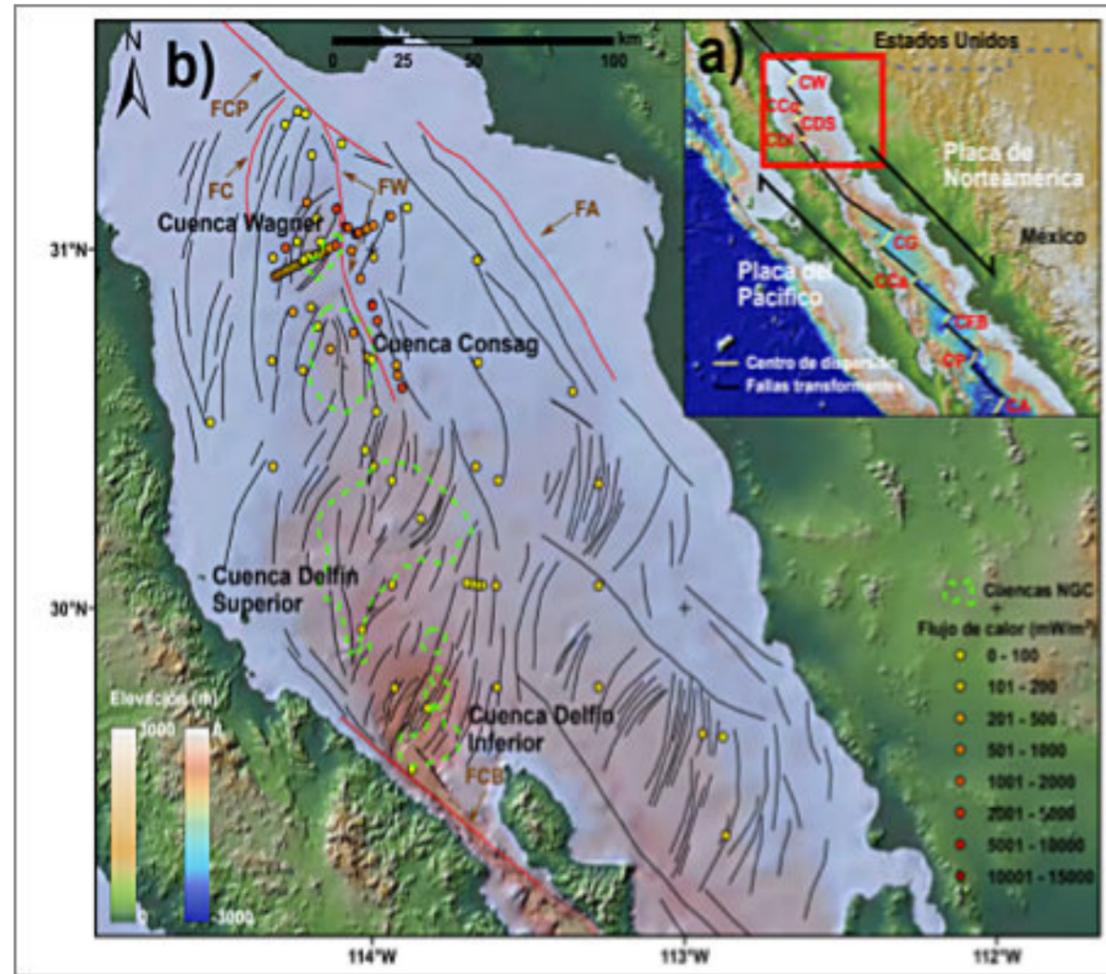


Figura 1.1. A) Mapa tectónico simplificado del Golfo de California que muestra el conjunto de fallas transformantes y las cuencas asociadas, que acomodan la deformación entre el límite de las placas del Pacífico y Norteamérica. Abreviaturas: CW = Cuenca Wagner; CCo = Cuenca Consag; CDS = Cuenca Delfín Superior; CDI = Cuenca Delfín Inferior; CG = Cuenca Guaymas; CCa = Cuenca Carmen; CF = Cuenca Farallón; CP = Cuenca Pescadero; CA = Cuenca Alarcón. B) Área ampliada que muestra la topografía, batimetría y la estructura detallada del norte del Golfo de California (el recuadro color rojo mostrado en la figura 1a). Las fallas normales (negras), las fallas transformantes principales (rojas) y las cuencas pull-apart (líneas punteadas verdes) son recopiladas de Lonsdale (1989); Persaud et al. (2003); Aragón-Arreola & Martín-Barajas (2007); González-Escobar et al. (2009, 2010); Martín-Barajas et al. (2013, 2019). Los círculos de colores indican la ubicación de las mediciones de flujo de calor (mW/m^2) adquiridas por Henyey & Bischoff (1973); Sanchez-Zamora et al. (1991); Prol-Ledesma et al. (2013); Espinoza-Ojeda et al. (2017); Neumann et al. (2017). Abreviaturas: FCP = Falla de Cerro Prieto; FW = Falla Wagner; FC = Fallo Consag; FA = Falla Amado; FCB = Falla Canal de Ballenas.

ANÁLISIS DE LAS FLUCTUACIONES DE LA SUPERFICIE DEL LAGO DE CUITZEO PARA EL PERIODO DE 1997 A 2021 UTILIZANDO PERCEPCIÓN REMOTA, SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y MÉTODOS ESTADÍSTICOS

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para optar por título de: Licenciada en Geociencias. 2024.

Sustentante: **Arantxa Jiménez Angeles.**

Director de Tesis: *Dr. Manuel Eduardo Mendoza Cantú.*

Resumen

Los lagos continentales son extremadamente importantes tanto para los seres humanos como para la vida silvestre. Los lagos son un recurso abundante de agua para la industria, la pesca, y es necesario para el mantenimiento de la riqueza y abundancia de especies que conforman un ecosistema. El de Cuitzeo es el segundo lago más grande de México y debido a su poca profundidad se reconoce como uno de los humedales más importantes del país para la conservación de la biodiversidad. El lago se encuentra dentro de una cuenca de tipo endorreico en la región fisiográfica conocida como Sistema Volcánico Transversal y en la región hidrológica Lerma-Chapala, específicamente, se localiza en noroeste del estado de Michoacán y al sureste del estado de Guanajuato entre los paralelos $19^{\circ}53'15''$ y $20^{\circ}04'30''$ de latitud norte y los meridianos $100^{\circ}50'20''$ y $101^{\circ}19'30''$ de longitud oeste, a una altitud aproximada de 1,830 msnm. Dentro de la cuenca se desarrollan diversos ecosistemas que proveen numerosos servicios ambientales a la población, por lo que el lago y su cuenca poseen gran importancia en materia ambiental, social, cultural y económica. El lago se ha visto afectado por las actividades antropogénicas que se realizan en los centros urbanos localizados dentro de la cuenca y se pueden observar los signos de deterioro, tales como erosión, reducción de la cobertura forestal, sobreexplotación de sus recursos y eutrofización del cuerpo de agua. El objetivo de este trabajo es analizar y describir las fluctuaciones de la superficie del agua en el lago de Cuitzeo para el periodo de 1997 a 2021, interpretando imágenes satelitales, realizando un análisis de las series de tiempo de precipitación y temperatura, así como un análisis de correlación. El estudio se apoyó de técnicas de percepción remota (PR), sistemas de información geográfica (SIG) y análisis estadísticos. Se utilizaron los datos de temperatura media y precipitación de siete estaciones meteorológicas localizadas dentro de la cuenca, las cuales presentaron datos faltantes que se calcularon utilizando el software Rstudio. Para el análisis de imágenes satelitales se utilizaron imágenes Landsat 4 5 TM (1997-2001), Landsat 7 ETM (2002-2015) y Sentinel (2016-2021). Los resultados de esta investigación indican que el lago presentó años secos en 1998, 2001, 2002 y 2017 los cuales se reflejan, principalmente, en el vaso oriente del lago. En el año 2021 la superficie con menor extensión del espejo de agua fue de 75.8 km^2 ; y la mayor extensión de su superficie se registró en el año 1999, cubriendo un área de 306 km^2 . El análisis de series de tiempo sugiere que las superficies del lago de Cuitzeo varían a lo largo del tiempo, y que estos cambios muestran relación con el comportamiento de la precipitación y la temperatura media anual del año antecedente. Sin embargo, al no existir una correlación significativa, la reducción de la superficie del lago en los últimos años también puede ser atribuible al incremento poblacional y del uso del agua dentro de la cuenca de Cuitzeo.

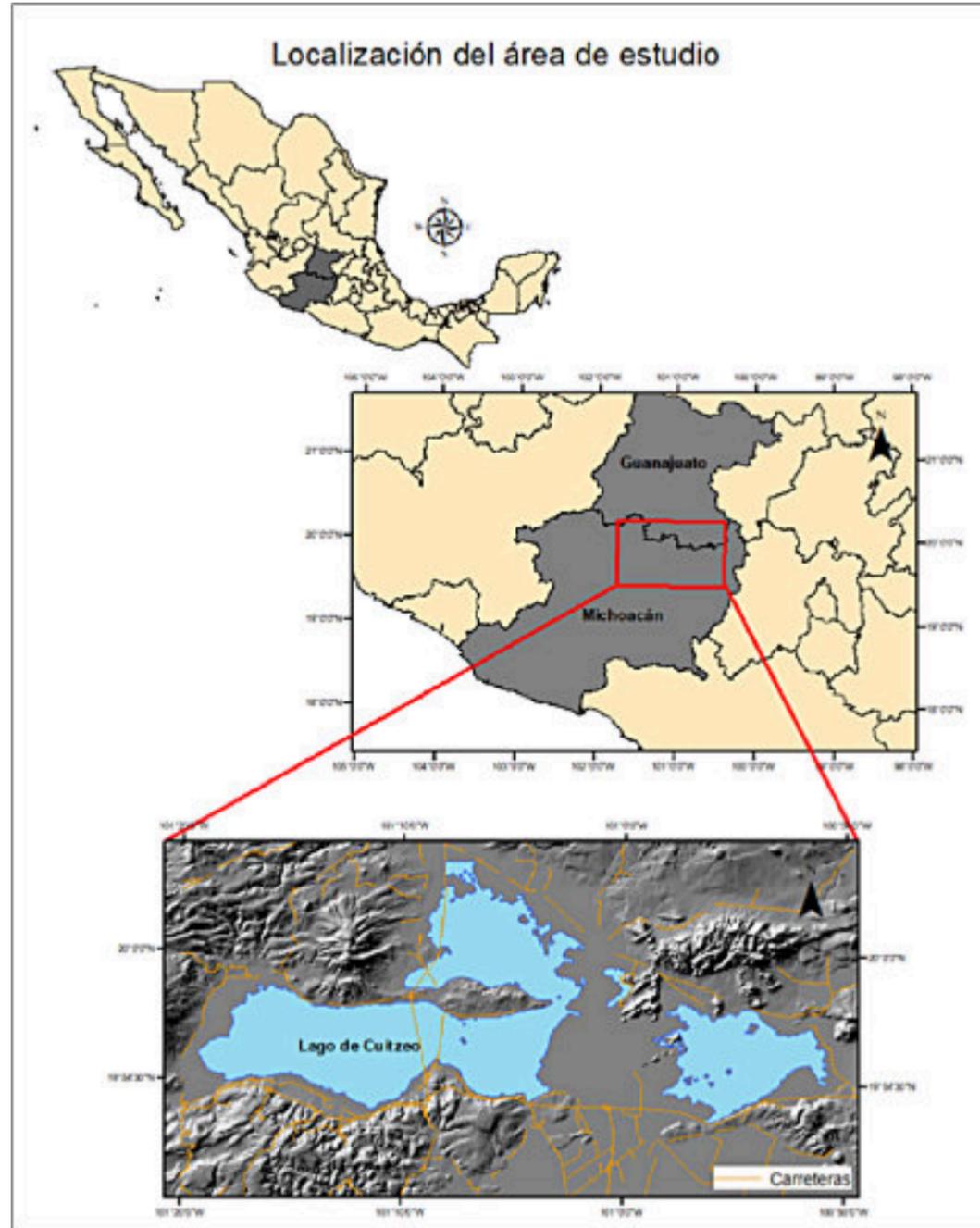


Figura 1.1. Área de estudio.

Acoplamiento del rumbo geoelectrico a invariantes de rotación del tensor de impedancias magnetotelúricas en presencia de distorsión galvánica.

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Doctor en Ciencias en Ciencias de la Tierra con orientación en Geofísica Aplicada, 2021

Sustentante: **Rocío Fabiola Arellano Castro**

Director de tesis: *Dr. Enrique Gómez Treviño.*

Resumen.

El método magnetotelúrico se ha vuelto una técnica muy empleada en años recientes dado que permite estimar impedancias electromagnéticas de la Tierra mediante la medición de ondas electromagnéticas que tienen origen natural y que ocurren en un rango de frecuencias muy amplio. Sin embargo, estimaciones de las impedancias transversal eléctrica y transversal magnética del tensor magnetotelúrico bidimensional pueden no estar acopladas con la dirección del rumbo de la estructura, teniendo además implicaciones significativas cuando se trata con distorsiones galvánicas. Entre los métodos utilizados actualmente se pueden obtener impedancias sin distorsión combinando una ecuación cuadrática con el tensor de fase. En la terminología de Groom-Bailey, la ecuación cuadrática proporciona amplitudes y fases que son inmunes al giro o twist y el tensor de fase proporciona fases inmunes tanto al twist como a la cizalla o shear. Por otro lado, se pueden obtener los ángulos de rumbo sin distorsión utilizando el enfoque de Bahr o el tensor de fase. En principio, esto es todo lo que se necesita para proceder a una interpretación bidimensional. Sin embargo, las impedancias resultantes ignoran el rumbo porque son invariantes bajo la rotación del sistema de coordenadas y, si van a estar relacionadas con un rumbo geológico, deben estar acopladas a una dirección particular. Esta es una ambigüedad adicional a la ya conocida de 90 grados que surge en los métodos clásicos de determinación del rumbo y que debe resolverse de forma independiente. En este trabajo utilizamos el modelo de descomposición de Groom-Bailey para resolver la ambigüedad al traer de vuelta el acoplamiento entre impedancias y rumbo en presencia de distorsiones galvánicas. Nuestro enfoque es un híbrido entre los métodos numéricos y analíticos existentes que reduce el problema a una decisión binaria. Presentamos tres algoritmos, dos de ellos aún requieren optimizar el ajuste a los datos y el tercero solo necesita una comparación de fases. Los tres realizan un seguimiento de los posibles cruces de las curvas de fase, lo que proporciona una solución clara y única. Usamos datos sintéticos y de campo para ilustrar el desempeño de los tres esquemas.

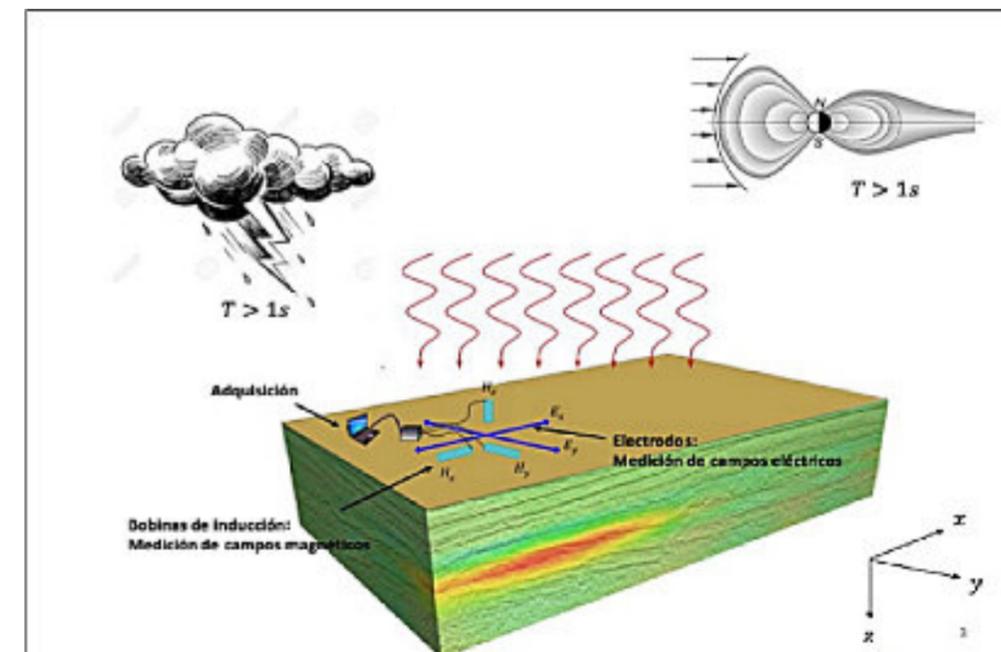


Figura 1.1. Esquema de un levantamiento del método magnetotelúrico. Se utilizan bobinas para medir los campos magnéticos y pares de electrodos para los eléctricos.

Utilización del georadar GEPARD (OKM) para la determinación de restos arqueológicos en los sitios Nuevo Corinto y El Cardal, Costa Rica

Universidad de Costa Rica

Práctica dirigida para optar por el grado de: Licenciatura en Geología: 2017

Sustentante: **Javier Oviedo González**

Director de Tesis: *Dr. Osear Lücke Castro*

Resumen

A finales del año 2016 aún no se tenía registro del uso del georadar o GPR por sus siglas en inglés (Ground Penetrating Radar) en la arqueología costarricense y, solamente se había utilizado una vez este método geofísico con el fin de comprobar la estratigrafía más superficial de los volcanes Irazú y Poás. Ante tal situación, en el año 2015 se incluyó dentro del proyecto “El sitio Nuevo Corinto (L-72-NC): una aldea cacical”, una fase de prospección arqueogeofísica en este sitio con el georadar recién adquirido en ese momento por el Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas (CICG). También se propuso prospectar el sitio Alto del Cardal, el cual presenta condiciones ambientales distintas al sitio Nuevo Corinto.

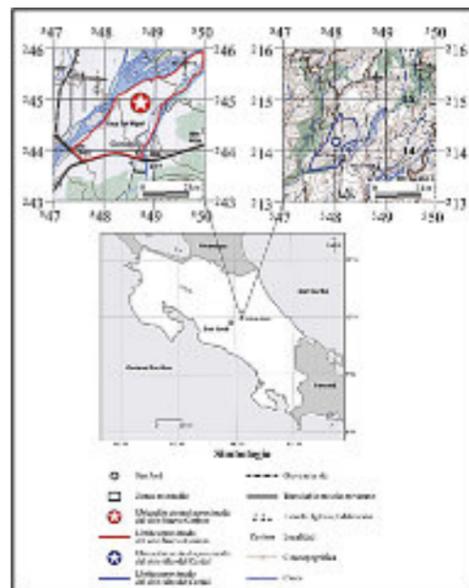
Durante los años 2015 y 2016 se prospectó los montículos 1, 6 y 7 en el sitio Nuevo Corinto y aproximadamente 1,5 Ha del sitio Alto del Cardal, con el fin de delimitar zonas con potencial arqueológico, así como determinar el desempeño y aplicabilidad del georadar Gepard de la empresa OKM (Alemania) en suelo costarricense.

El diseño de la prospección consistió en un arreglo radial para los montículos y 16 grillas en un arreglo ortogonal en el sitio Alto del Cardal, en donde se probaron distintas configuraciones del equipo, variando el time window, tipo de suelo y frecuencia y modelo de las antenas. Tanto en la recolección de los datos como en la interpretación de estos, se utilizaron los dos programas (aplicaciones) que venían con el georadar con el propósito de evaluar su eficacia. En cuanto a los resultados metodológicos, el Gepard (OKM) no mostró una adecuada adaptabilidad a las condiciones de ninguno de los dos sitios, debido a que su diseño lo hace vulnerable a la afectación de elementos externos, tanto a nivel de resultados como de la integridad del equipo.

Sin embargo, a pesar de las dificultades encontradas durante la prospección y posterior interpretación, se obtuvieron algunos resultados positivos. En Nuevo Corinto se logró comprobar parte de la estratigrafía, así como algunos elementos arquitectónicos que se conocían previamente (muros, basamentos, etc.). Además, se detectaron algunas anomalías en los montículos 1 y 7 que podrían ser de interés arqueológico. El sitio Alto del Cardal presentó 9 áreas con anomalías interpretadas como rasgos arqueológicos o elementos geomorfológicos/geológicos. Entre los rasgos arqueológicos se identificaron: tumbas, pisos de arcilla y un empedrado; también se interpretó algunos elementos de la paleotopografía.

Esta investigación pone en evidencia la necesidad de continuar con estos estudios, para refinar más la metodología y utilización de este equipo en particular y, para establecer una línea de investigación arqueogeofísica en el país, la cual es prácticamente inexistente hasta el momento.

Figura 1.1. Mapa de ubicación de los sitios Nuevo Corinto y Alto del Cardal, proyección Lambert Norte, modificado de las hojas topográficas Guápiles e Istarú, IGN, 1991.



Modelo espacial para la determinación de zonas de peligro a incendios forestales en la microcuenca “La Unión” en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas.

Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.

Tesis para obtener el título de: Licenciado en Ciencias de la Tierra. 2022.

Sustentante: **Alan Mauricio Pacheco Torres.**

Director de Tesis: *M. en C. Mauricio José Ríos.*

Resumen

El fuego desempeña un rol importante dentro del ciclo vital de todos los ecosistemas forestales que, al igual que otros fenómenos naturales, frecuentemente se convierte en problema a partir de la intervención humana (CONAFOR, 2010).

Los incendios a nivel mundial generan grandes cambios en el medio y se les considera una de las principales causas en la pérdida de biodiversidad y degradación de grandes extensiones de terrenos.

Estos también son una fuente significativa de emisiones de gases que provocan el calentamiento global y la pérdida de millones de toneladas de carbono almacenado en los ecosistemas (Gutiérrez et al., 2014).

Una de las principales causas que originan estos eventos, son las actividades humanas, siendo la agricultura y la ganadería una de las más frecuentes. El uso del fuego como herramienta agrícola sigue siendo una de las partes más importantes en la preparación del terreno para la producción de alimentos en el mundo (Huffman, 2013 citado en Gutiérrez et al., 2017), siendo este uno de los procedimientos más baratos usado por campesinos para desechar los residuos de las parcelas (CENAPRED, 2008).

En el año 2004, mediante el uso de imágenes satelitales, se detectaron en toda América Latina 14, 446 polígonos correspondientes a áreas afectadas por el fuego, abarcando un poco más de 15,300 hectáreas (Chuvienco et al., 2008). Las sábanas de Colombia y Venezuela; el límite de bosques tropicales entre Brasil y Bolivia y las provincias del centro y norte de Argentina, son las regiones con mayor área quemada.

En México, en los años de 1970 a 2006, ocurrieron un promedio de 7000 incendios por año, afectando 221,179 hectáreas. En este periodo ocurrieron las mayores afectaciones registradas (Ressl y Cruz, 2012).

En las regiones tropicales del sureste del país, este problema es mayor, debido a que existe una enorme biodiversidad (Mas y Sandoval, 2011). El estado de Chiapas, por su parte, genera una gran cantidad de combustibles forestales en un corto periodo de tiempo, que, junto al mal uso que se le da al fuego y la sensibilidad que existe dentro de los ecosistemas, hacen al estado vulnerable ante la ocurrencia de estos eventos (Torres, 2014), ocupando un lugar dentro de los 10 estados en el país con mayor número de incendios al año, al igual que, área afectada por estos mismos (CONAFOR, 2017).

La presente investigación tiene como objetivo principal identificar las áreas de peligro a incendios forestales y su relación con las actividades agrícolas mediante un modelo espacial, se llevó a cabo en la microcuenca “La Unión” ubicado en el municipio de Chiapa de Corzo, Chiapas, realizado mediante una adaptación del método de Flores (2016), donde se tomaron en cuenta variables de tipo social (iniciación) y de tipo natural (propagación). Se aplicó un análisis multicriterio, evaluando cada una de las variables, analizando la relación y grado de influencia existente entre cada una de ellas ante la toma de decisiones, a través de los sistemas de información geográfica.

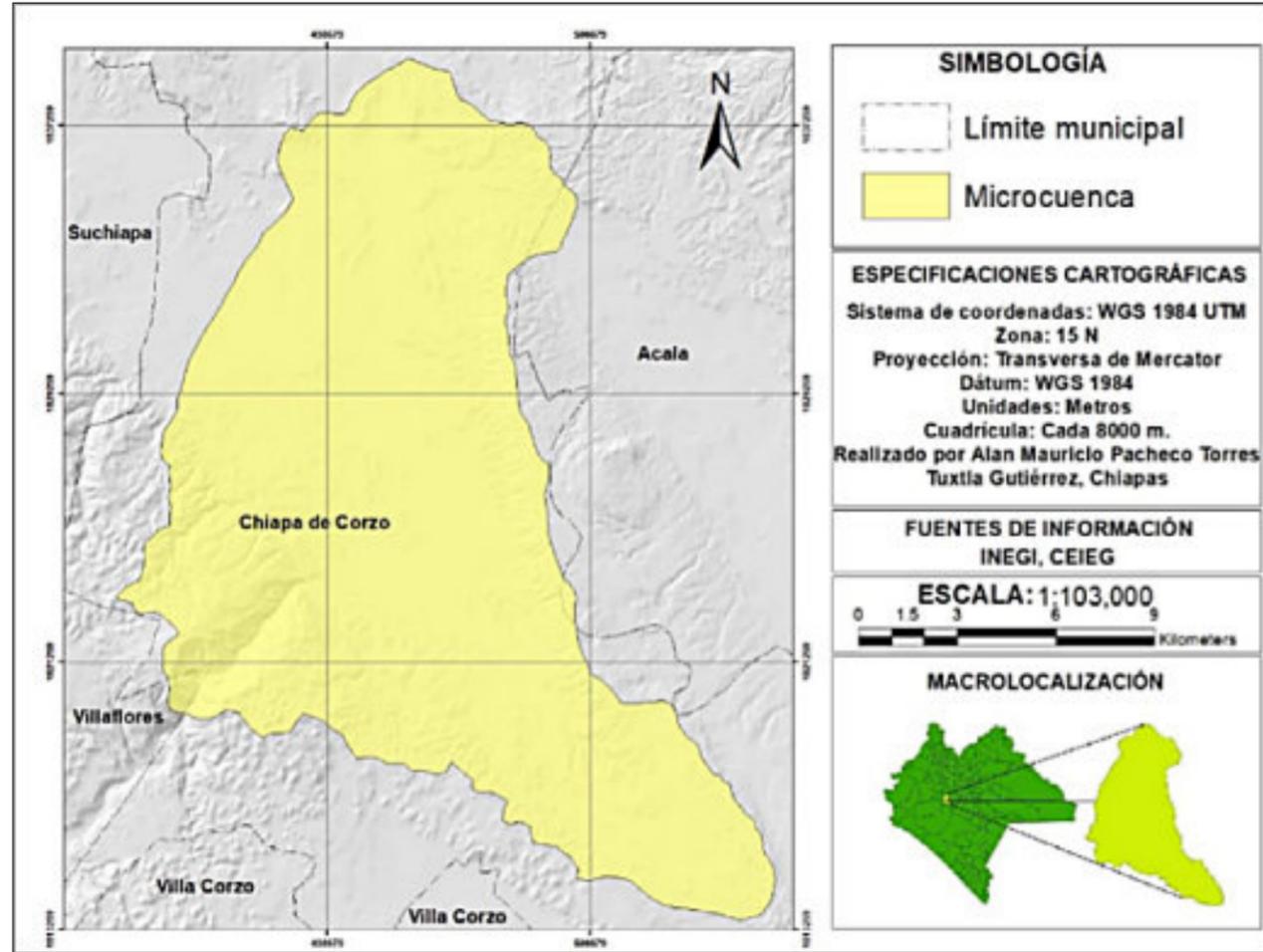


Figura 1.1. Microcuenca "La Unión", Chiapa de Corzo, Chiapas.

Propagación de ondas elásticas en el dominio de la frecuencia en medios fracturados y anisótropos utilizando el método de Galerkin discontinuo

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California.

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias. 2024.

Sustentante: **Carlos Emmanuel Peral Altamirano.**

Director de Tesis: *Dr. Jonás de Dios de Basabe Delgado.*

Resumen

Las fracturas son muy comunes en el subsuelo y determinan en gran medida las propiedades mecánicas del medio, por lo que un modelo sísmico realista debe incluir el efecto que las fracturas tienen en la propagación de ondas elásticas. Actualmente el desarrollo de métodos de caracterización de fracturas recae en las simulaciones numéricas, los métodos más utilizados se basan en diferencias finitas o elementos finitos, pero para incluir fracturas en dichos métodos, se hace uso de varias suposiciones que no siempre corresponden con la realidad física del medio. En contraste el método de Galerkin Discontinuo puede incluir a las fracturas de manera explícita en el modelo a través de la condición de desplazamiento discontinuo que a su vez es el esquema numérico que menos suposiciones requiere. El dominio de la frecuencia, al ofrecer múltiples ventajas respecto al dominio del tiempo, se ha convertido en la base para los métodos de inversión de forma de onda, por lo que la obtención de modelos precisos y realistas es de suma importancia en diferentes campos como la ingeniería minera, secuestro de CO_2 , administración de mantos acuíferos y especialmente en explotación de hidrocarburos. Es por ello que en este trabajo, se realizó una implementación del método de Galerkin discontinuo de Penalización Interior en el dominio de la frecuencia para simular medios heterogéneos, fracturados y anisótropos, con fronteras de tipo "Perfectly Matched Layers" (PML, por sus siglas en inglés) y para resolver el sistema de ecuaciones se utilizó "MULTifrontal Massively Parallel Sparse direct Solver" (MUMPS, por sus siglas en inglés). Para validar el modelo, se realizó una Transformada Inversa de Fourier (IFFT, por sus siglas en inglés) a los desplazamientos obtenidos para diferentes frecuencias con el objetivo de obtener un sismograma comparable con modelos en el dominio del tiempo. Se compararon sismogramas para medios homogéneos, anisótropos y fracturados obteniendo una gran coincidencia en los resultados.

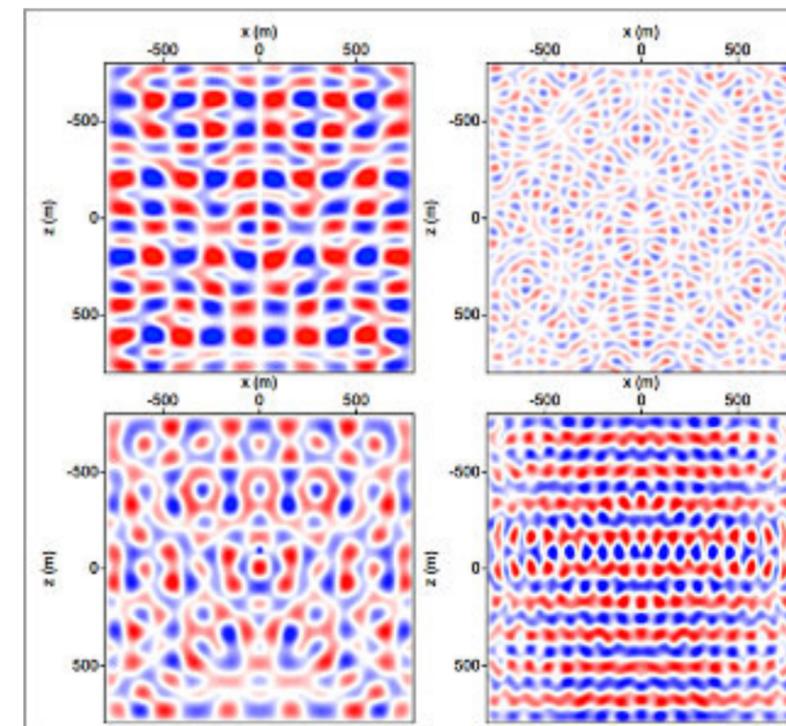


Figura 1.1. Ejemplos de la parte real del campo de desplazamientos sin fronteras PML para un medio homogéneo. La primera fila corresponde a la componente x mientras que la segunda a la componente z. La primera columna muestra la frecuencia 10 Hz y la segunda 15 Hz.

Prospección geofísica con GPR y sísmica en la zona arqueológica de Peralta, Guanajuato, México

Instituto Politécnico Nacional.

Tesis para obtener el título de: Ingeniero Geofísico, 2021

Sustentantes: **Cruz Cruz Ildefonso Xocoyotzin y Cruz Segundo Alejandro**

Director de tesis: *Ing. Miguel Gómez Santiago.*

Resumen.

En el presente trabajo se aborda el uso de técnicas de exploración geofísica con la finalidad de ayudar al estudio de la zona arqueológica de Peralta en estado de Guanajuato, tal es el caso del so del Radar de Penetración Terrestre RTP o GPR por sus siglas en ingles ha sido usado en estudio de sitios arqueológicos por su alta resolución, la rapidez al momento de realizar el levantamiento y la visualización en campo de los datos con un procesamiento preliminar. La sísmica de refracción la cual nos ayuda a identificar las diferentes velocidades de propagación de onda en el subsuelo y así determinar diferentes capas de dentro del mismo, así como espesores de dichas capas. Y por último el uso de la técnica de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW) es un método que analiza las propiedades de propagación de las ondas sísmicas superficiales (Vs) y la cual nos sirve para determinar la estabilidad del subsuelo. En este trabajo se realizó sobre la estructura principal de la zona arqueológica denominada Recinto de los Gobernantes tomando un total de 16 radargramas y 2 volúmenes de adquisición con GPR sobre dicha estructura, además de 6 perfiles de refracción alrededor de la zona de estudio y 17 puntos de atribución para la técnica de MASW. Cada uno de los datos de adquisición se procesaron en softwares especializados. Al término del procesamiento de los datos en los resultados se encontraron posibles objetos de interés arqueológico, así como la determinación de diferentes espesores de los materiales de construcción y la profundidad a la cual estría el nivel del suelo original sobre el cual se comenzó la construcción de la estructura aquí estudiada. También se logró realizar una correlación entre dos de los perfiles de refracción que se tomaron dentro de la estructura de estudio con los resultados obtenidos en el volumen de adquisición tomados en el mismo sitio.

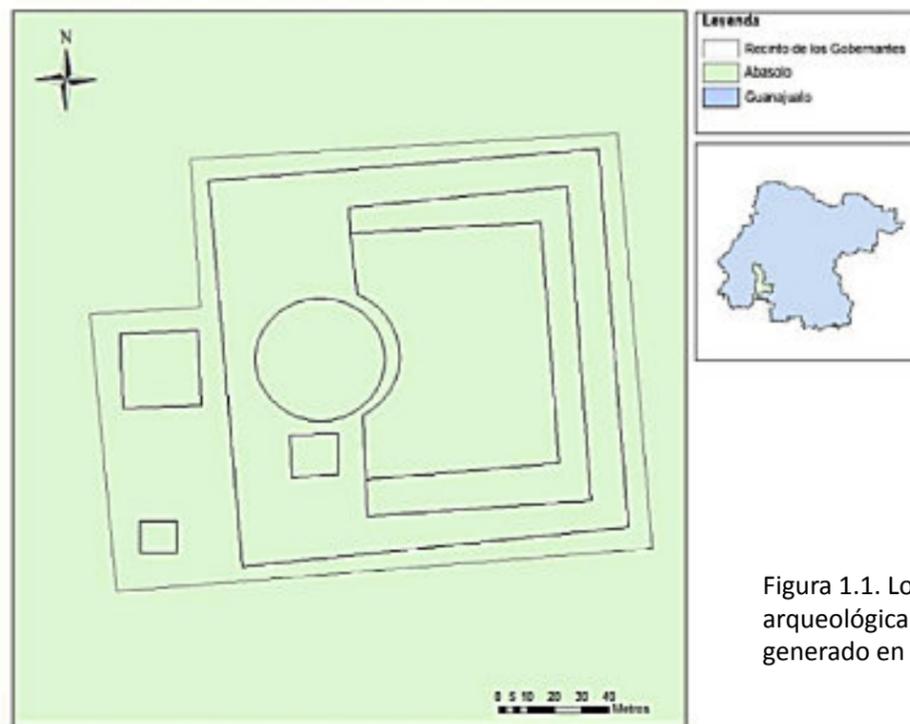


Figura 1.1. Localización de la zona arqueológica Peralta, Guanajuato. [mapa generado en QGIS]

Estudio Termotectónico de la unidad Granitoides Esperanza mediante U-Pb y trazas de fisión en apatitos, Sierra Madre del Sur, México

Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Geociencias, UNAM

Tesis para optar por el grado de Maestra en Ciencias de la Tierra, Agosto de 2021

Sustentante: **Sandra Lorena Florez Amaya**

Asesor: *Dr. Fanis Abdullin, CONACyT,*

Resumen

La unidad Granitoides Esperanza (GE) hace parte del conjunto de rocas que conforman la suite de alta presión del Complejo Acatlán. Esta unidad se caracteriza por la presencia de augengneises en facies de anfibolita, milonitizadas con megacrístales de feldespatos potásicos. Para dicha unidad se ha definido una edad de cristalización ordovícica temprana, mientras que para su metamorfismo se infiere que tuvo lugar entre el Silúrico tardío y Devónico Temprano. Por último, se han determinado algunas edades de enfriamiento entre el Devónico Tardío y Misisípico, las cuales son determinadas y atribuidas a procesos de exhumación. Para entender mejor los eventos tectonotermales que ha sufrido la unidad GE, se recolectaron diez muestras entre las localidades de Patlanoaya, Acatlán, Tecamatlán y Mariscal de Juárez; cuyas características litológicas varían de augengneises protomiloníticos a ultramiloníticos y pegmatitas altamente foliadas. Para establecer la historia tectono-térmica, se implementaron las técnicas de trazas de fisión en apatitos y U-Pb en zircón en apatito. Los augengneises en la zona de estudio se describen como rocas que evidencian facies de eclogita como su pico de metamorfismo, con dos estados de retrogresión: uno en facies anfibolita y el segundo de baja temperatura. Los estudios geocronológicos de U-Pb en zircón realizados arrojan edades entre 464.7 ± 3.3 y 469 ± 3.5 Ma para el subgrupo litológico de los augengneises, y de 461.6 ± 3.3 Ma para las rocas pegmatíticas; éstas son definidas como edades de cristalización que tuvieron lugar en el Ordovícico Medio para ambas litologías. Mediante los fechamientos por U-Pb en apatito ($T_c = 450-550$ °C), se encontraron edades entre 333 ± 9 y 366 ± 19 Ma en los augengneises (en un único ajuste en la línea de discordia); lo que permite constreñir el primer evento metamórfico de retrogresión en facies anfibolita-epidota ($450-550$ °C), con apatitos que presentan características químicas de metamorfismo de grado medio y alto. Por último, las edades encontradas mediante el método de trazas de fisión varían de 53.4 ± 3.5 a 71.8 ± 2.9 Ma; lo que indica edades de enfriamiento correspondientes a eventos de exhumación y acortamiento de los GE, durante la Orogenia Mexicana en la Sierra Madre del Sur. Esta orogenia ha sido interpretada en este rango de tiempo como una fase de régimen transpresivo, ideal para el levantamiento de las rocas que conforman el basamento polimetamórfico del Complejo Acatlán.

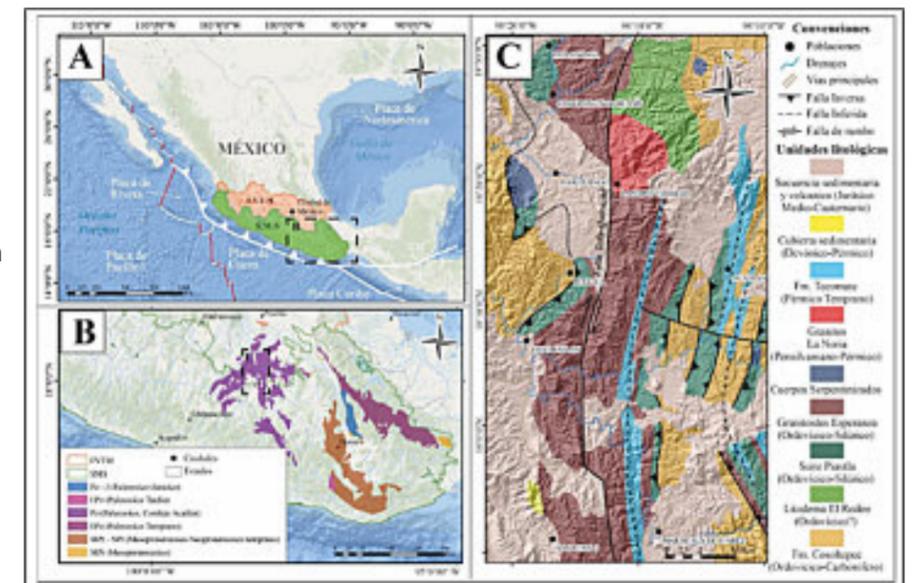


Figura 1.1. a) Provincias fisiográficas relacionadas con el Complejo Acatlán. S.M.S= Sierra Madre del Sur; F.V.T.M= Faja Volcánica Trans-Mexicana, b) Basamento

Determinación del estado de equilibrio químico fluido-roca del yacimiento geotérmico Cerro Prieto (CP-I), Baja California, a partir de la geotermometría de solutos

Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California (CICESE).

Tesis para cubrir parcialmente los requisitos necesarios para obtener el grado de Maestro en Ciencias, 2022

Sustentante: **Annely Reyna Avilez**

Director de tesis: *Dr. Efraín Gómez Arias.*

Resumen.

El estado de equilibrio en un sistema geotérmico se puede determinar a partir de la interacción fluido-roca que se lleva a cabo en el yacimiento, donde la composición química de los fluidos (vapor y agua) dependerá del tiempo de interacción con la roca y de la temperatura, lo que resulta un cambio en la composición mineralógica de la roca (alteración mineral) del yacimiento. La temperatura del yacimiento se puede estimar a partir del uso de geotermómetros, los cuales son ecuaciones analíticas desarrolladas a partir de la composición química de fluidos y del estado de equilibrio químico que existe entre la interacción fluido-roca. Cuando hay variación en las condiciones de equilibrio la estimación de la temperatura con la geotermometría puede ser equivocada. En el presente trabajo, se realizó un análisis termodinámico-químico del estado de equilibrio fluido-roca del campo geotérmico de Cerro Prieto (CP-I), a partir de información de la composición química de fluidos de pozos. Se desarrolló un programa (en lenguaje fortran) para el cálculo de las actividades iónicas y coeficientes de actividad para los principales constituyentes iónicos disueltos en las aguas geotérmicas (Na⁺, K⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺) y a partir de diagramas de estabilidad mineral se observó que los fluidos geotérmicos del campo tienden al equilibrio entre los minerales microclina (feldespatos-K) y albita (plagioclasa-Na). El mineral que gobierna al Ca²⁺ en el fluido es la wairakita. Con esto se determinó que el CGCP-I se encuentra en cuasi-equilibrio en un estado metaestable a una temperatura de 280 °C. Se desarrollaron geotermómetros basados en actividades iónicas y relaciones de concentración para Na/K, cuyas estimaciones de temperatura presentan errores normalizados de ±10% con respecto a la temperatura del yacimiento, demostrando una reducción en la incertidumbre de las estimaciones en comparación con las ecuaciones clásicas. Este trabajo propone que con el desarrollo de geotermómetros basados en la composición química del campo geotérmico y las temperaturas de fondo de pozo (BHT) se tendría un mejor control y un monitoreo más eficaz en la estimación de las temperaturas del yacimiento y con ello complementar estudios para identificar nuevas áreas con potencial de producción en el campo geotérmico.

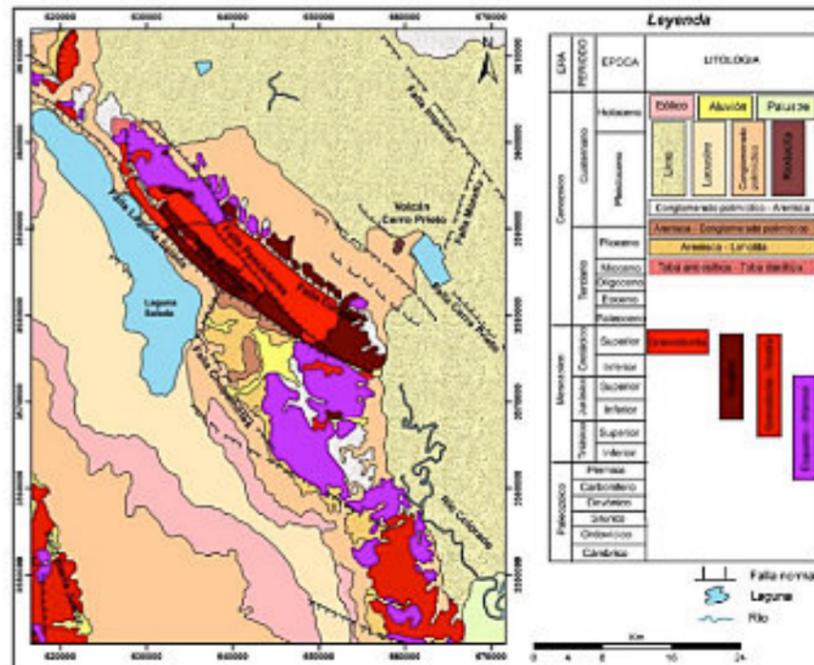


Figura 1.1. Mapa geológico regional para el campo geotérmico de Cerro Prieto (CGCP) (tomado de Macías-Vazquez y Rocha-López, 2013).

Geología, mineralización y estimación de recursos de las vetas en explotación de Mina San Cristóbal (Perú)

Universidad Nacional De San Agustín Arequipa

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geólogo, 2021

Sustentante: **José Vicente Acevedo Obando**

Asesor: *MSC. Madeleine Natalhy Guillen Gómez.*

Resumen

El presente estudio se ubica en la Mina San Cristóbal, distrito de Yauli, departamento de Junín, en las vetas 658, SP 658 y 722, en el cual se describen las principales unidades geológicas, comportamientos estructurales y la mineralización presente en las vetas 658, SP 658 y 722, con la finalidad de comprender el comportamiento geológico que presenta este yacimiento.

Las unidades geológicas presentes en el área son de diversas edades iniciando con el grupo Excelsior, filitas paleozoicas donde se desarrolla más del 70% de la mineralización, el grupo Mitu rocas volcánicas del paleozoico tardío, seguida de una secuencia sedimentaria no clástica correspondiente a las calizas de grupo Pucará, y una secuencia clástica del grupo Gollarisquisga, estas son intruidas por intrusivos como el intrusivo San Cristóbal de una edad 10 a 12 millones de años, y los volcánicos Chumpe de una edad de 3 a 6 millones de años los que contribuyen con la mineralización de las vetas en explotación.

Estas unidades litológicas son plegadas y deformadas por varios procesos tectónicos de deformación que forman las estructuras y vetas que son materia de estudio, estas inician con un anticlinal de dirección NW-SE; con posteriores eventos tectonismo compresivo los que forma las diferentes vetas como veta 658, S658 y 722, de dirección SW-NE; y que sufren reactivaciones asociadas a estadios de mineralización.

La mineralización presente en las vetas de estudio es esencialmente de Zn, Ag, Pb y Cu, siguiendo zoniamiento, tanto en las vetas individualmente como en el distrito mineralógico de San Cristóbal, en el presente trabajo se da énfasis al Zn por ser el mineral predominante en estas vetas.

Los resultados de la estimación de los recursos ayudaran a tener una mejor cubicación y una mayor certeza de las leyes presentes en el yacimiento para así mejorar con los planes de minado a largo, mediano y corto plazo, y esto permitirá llegar a lograr una reconciliación que mejore los procesos operativos.

Figura 1.1. Ubicación mina San Cristóbal, Perú (Fuente Volcan Cía. Minera SAA).



INFLUENCIA DE LOS EVENTOS DE CAMBIO GLOBAL ACELERADO DEL CENOMANIANO SANTONIANO EN LA DEPOSITACIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA CUENCA SABINAS, NORESTE DE MÉXICO

Universidad Nacional Autónoma de México.

Tesis que para optar por el grado de: Maestro en Ciencias de la Tierra. Marzo 2024.

Sustentante: **Felipe Gil Bernal.**

Director de Tesis: *Dr. Fernando Núñez Useche.*

Resumen.

Los sedimentos ricos en materia orgánica de la Formación Eagle Ford fueron depositados durante el Cretácico Tardío en el sur del Mar Interior Occidental del Cretácico y el noreste del Mar Interior Mexicano. En la Cuenca de Sabinas y la Plataforma Burro-Peyotes fueron recuperados dos núcleos que contienen sedimentos de la Formación Eagle Ford y sus unidades limitantes (formaciones Buda y Austin). En este trabajo estos núcleos fueron estudiados usando un enfoque multi indicador que incluyó análisis sedimentológicos, petrofísicos, mineralógicos y geoquímicos, con el fin de establecer el sitio de depósito, las condiciones paleoambientales y los eventos de cambio global acelerado que tuvieron lugar en esta región durante el Cenomaniano–Santoniano.

La Formación Eagle Ford fue acumulada en un ambiente de pie de talud a cuenca profunda. Su depósito fue influenciado por diferentes procesos como sedimentación pelágica, corrientes de fondo, turbiditas, fallamiento sinsedimentario y licuefacción, los cuales dieron lugar a diferentes estructuras sedimentarias como laminación plano-paralela y convoluta, imbricación y superficies erosivas. En general, la parte inferior de esta unidad, dominada por mudstones laminados y ricos en materia orgánica, fue depositada bajo condiciones anóxicas y eutróficas, mientras que la parte superior, caracterizada por calizas bioturbadas, fue acumulada bajo condiciones oxigenadas y oligotróficas. La señal total de rayos gamma permitió identificar los miembros Lozier Canyon, Antonio Creek, Scott Ranch y Langtry en los que la Formación Eagle Ford ha sido dividida en Texas. Esto implica la continuidad lateral de las características litológicas y la señal de rayos gamma de la Formación Eagle Ford desde Texas hasta México. Los análisis bioestratigráficos y la geocronología U-Pb en zircones de bentonita sugieren que el intervalo comprendido entre la parte superior de la Formación Buda y la parte inferior de la Formación Austin se depositó durante el Cenomaniano inferior–Santoniano. El análisis de la curva de $\delta^{13}\text{C}$ permite inferir que el intervalo estudiado estuvo influenciado por la ocurrencia de 13 eventos de cambio global acelerado entre los que destacan el Evento del Cenomaniano Medio, el Evento Anóxico Oceánico 2, el Evento del Turoniano Tardío Coniaciano, y el Evento Anóxico Oceánico 3. Los elementos traza sensibles a condiciones redox y a productividad indican que la mayoría de estos eventos se asociaron a condiciones deficientes de oxígeno y alta productividad marina. Sin embargo, condiciones oxigenadas y oligotróficas se establecieron durante la ocurrencia del Plenus Cold Event, el Bridgewater Event y el Navigation Event. El aumento de los valores de distintos indicadores de actividad hidrotermal sugiere que estos eventos posiblemente ocurrieron de forma contemporánea al emplazamiento de Grandes Provincias Ígneas como Caribe-Colombia y el Alto Ártico.

El alto contenido de carbono orgánico total del miembro Lozier Canyon de la Formación Eagle Ford sugiere que es la unidad con mayor potencial para la generación de hidrocarburos. Esto se debe a que fue depositado bajo un régimen anóxico que permitió la preservación de grandes cantidades de materia orgánica. Los datos de pirólisis Rock Eval y reflectancia equivalente de la vitrinita indican que la materia orgánica de la Formación Eagle Ford en la Cuenca de Sabinas está sobremadura, pero en la Península Burro-Peyotes está principalmente madura.

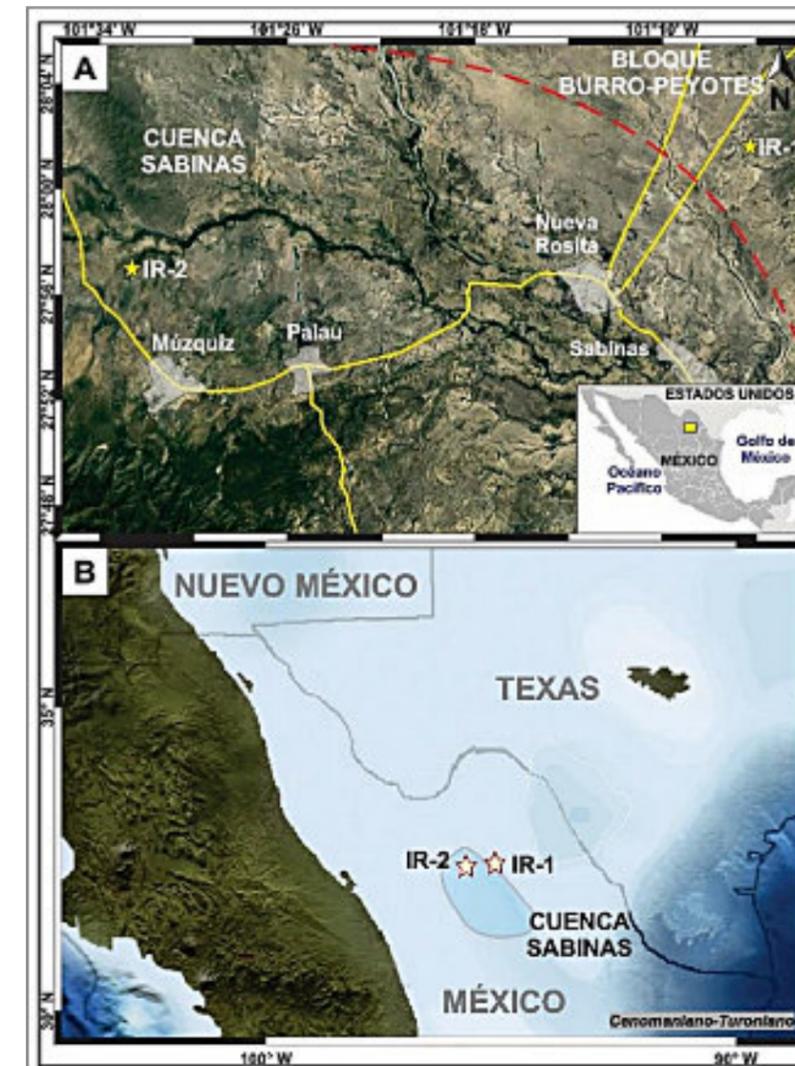


Figura 1.1. Ubicación de los núcleos IR-1 e IR-2 en la Cuenca de Sabinas sobre: (A) Imagen satelital (Google Earth, 2023). (B) Mapa paleogeográfico del Cenomaniano-Turoniano (modificado de Eldrett et al., 2015a).

Compilación mensual de publicaciones y tesis por **Diego G. Miguel Vázquez**, Colaborador de la Revista.



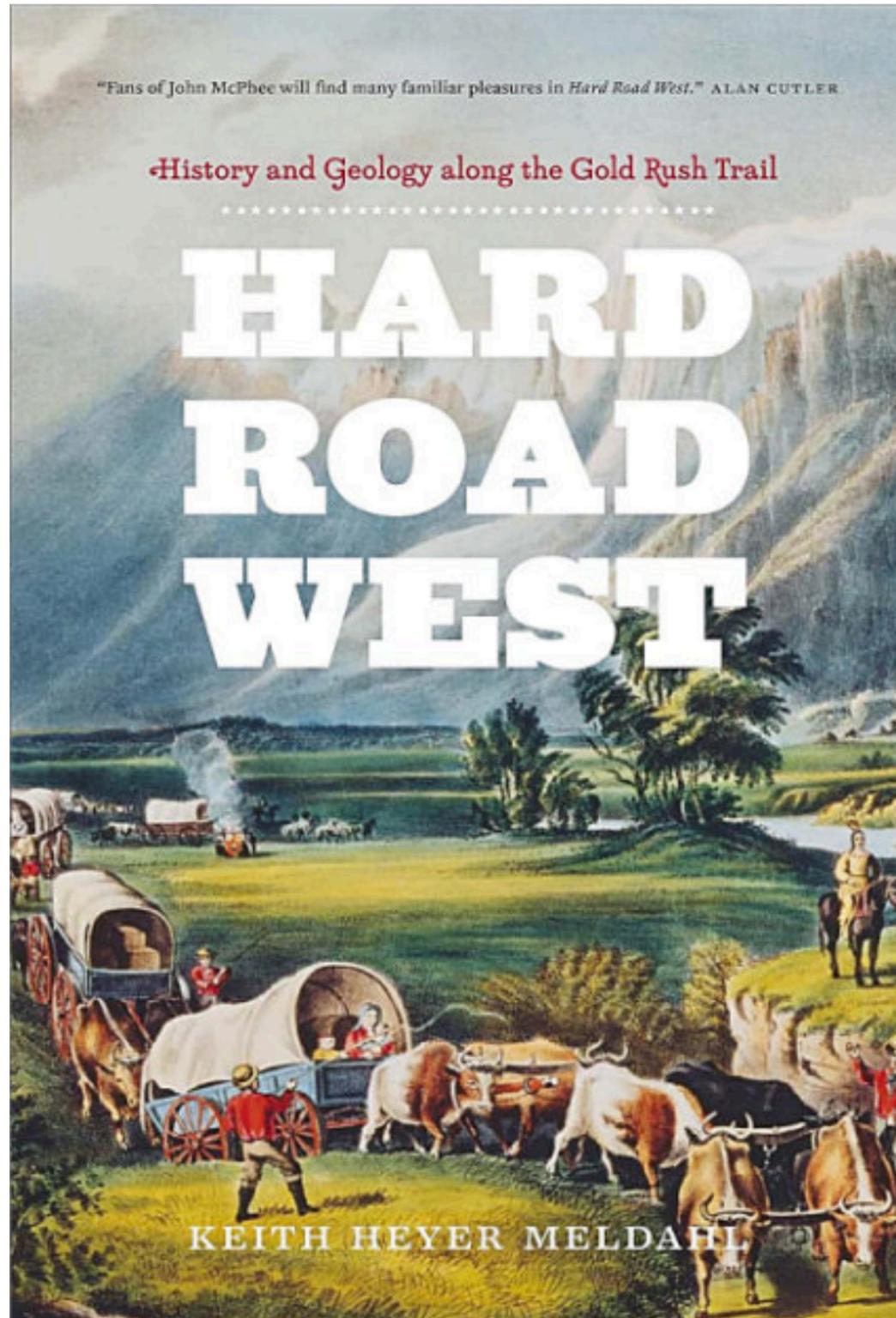
Miguel Vazquez Diego Gabriel, es estudiante de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad Nacional Autónoma de México (Facultad de Ingeniería), sus principales áreas de interés a lo largo de la carrera han sido la tectónica, geoquímica y mineralogía. Es un

entusiasta de la divulgación científica, sobre todo en el área de las Ciencias de la Tierra.

diegogabriel807@gmail.com

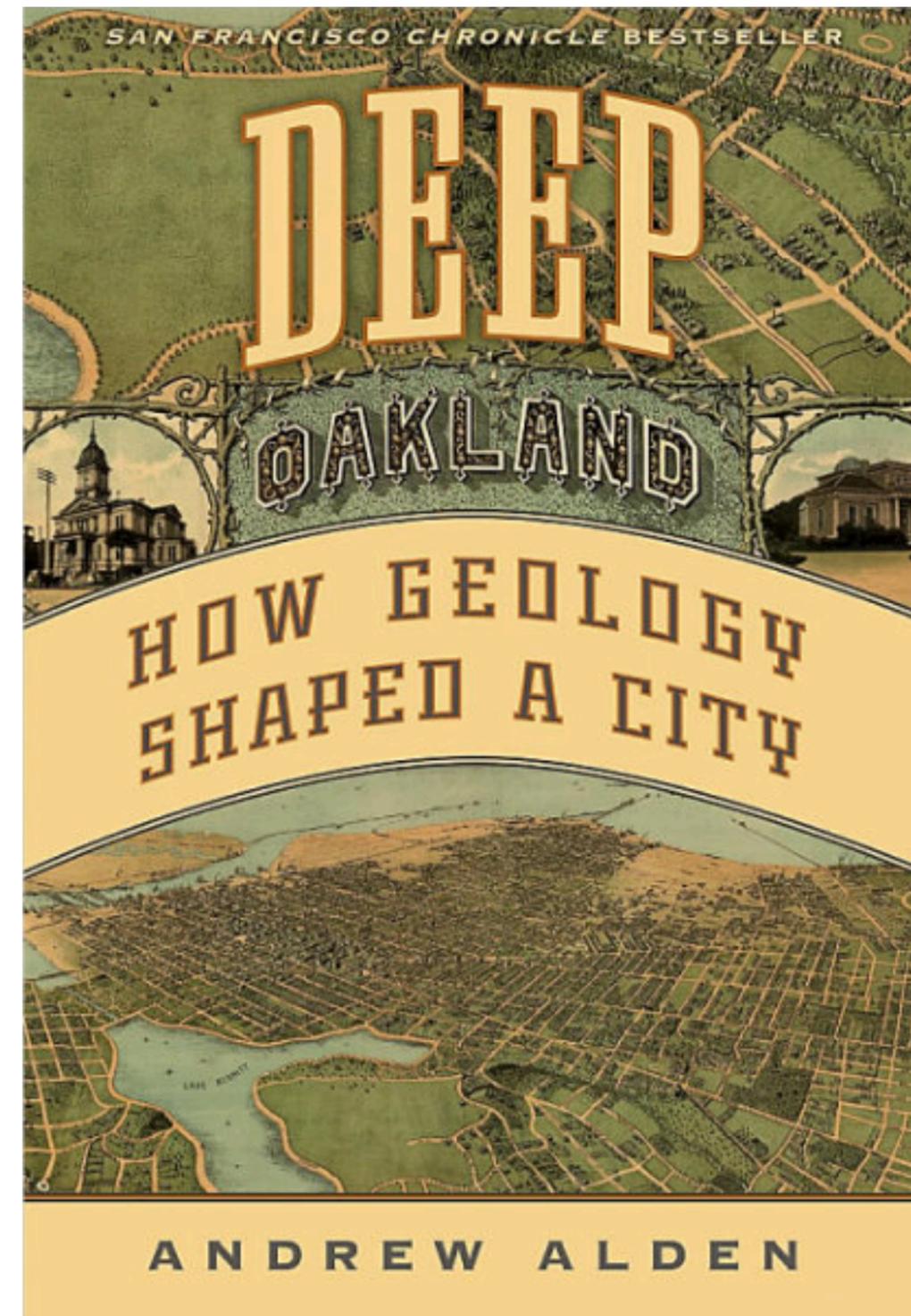
El libro recomendado

<https://www.amazon.com/Hard-Road-West-History-Geology/dp/0226519627>



El libro recomendado

https://www.amazon.com/Deep-Oakland-Geology-Shaped-City/dp/1597145963/ref=sr_1_1?crd=1XX5ZKJL8QUDY&dib=eyJ2ljojMSJ9.qpoqgXNhGzSxcvuyXNrFiQ.YYkinJMjv10ih01DL3iUoskqB4gBms_SgzU ErzceQO4&dib_tag=se&keywords=alden+deep+oakland&qid=1720813039&s=books&sprefix=alden+deep+oakland%2Cstripbooks%2C341&sr=1-1



TEMAS DE INTERÉS

Sostenibilidad en la transición energética.

Minería de asteroides.

Natalia Silva Cruz

Colaboradora de la Revista

La transición energética exitosa requiere una cantidad importante de elementos críticos como el cobalto, litio, níquel, tierras raras, entre otros. En algunos de nuestros anteriores artículos hemos mencionado el porqué el acceso a estos materiales se está haciendo cada día más complejo, los más relevantes son: condiciones políticas que afectan el libre mercado, aumento acelerado de precios debido a la alta demanda y al deseo de obtener mayores rendimientos por parte de quienes poseen las minas y refinerías de estos elementos, bajos estándares de seguridad para quienes trabajan en su obtención, uso de mano de obra no calificada, escasez de ciertos minerales en la corteza continental, largos tiempos de procesamiento que no responden a la misma velocidad de la demanda, minería ilegal y procedimientos que no permiten que la minería sea sostenible ni que se aprovechen los recursos al máximo. Estas condiciones dan lugar a que se busquen estos materiales críticos en fuentes no convencionales, como en el fondo marino, o muy lejos de nosotros, en el espacio.

La minería espacial es un aspecto fundamental en obras de ciencia ficción y ha estado en la mente del ser humano desde hace mucho tiempo atrás, cada cierto tiempo somos bombardeados con noticias de estudios que probarían la existencia de planetas compuestos principalmente de elementos que son costosísimos en el nuestro. En realidad, no es que muchos de esos elementos sean escasos en la Tierra, sino solamente en la corteza, y producirlos a las altísimas profundidades a las que se

encuentran sería tal vez más complicado que tratar de buscarlos en el espacio exterior, por ejemplo, en asteroides que no tuvieron la diferenciación de capas que tiene nuestro planeta puesto que no tienen suficiente gravedad y tamaño.

Hablemos de qué podríamos encontrar en los asteroides a los que sería posible llegar desde nuestra ubicación:

- Tipo C (condritos): se componen de carbono, fósforo y agua, principalmente. Constituyen el 75% de los asteroides conocidos.
- Tipo S (rocosos): contienen silicatos, agua y metales como níquel, cobalto, oro, platino y muchos otros. Un 17% de los asteroides son de este tipo.
- Tipo M (metálicos): tienen la misma composición que los tipo S, pero la proporción de metales es unas 10 veces mayor.

Ahora definamos cuáles son esos asteroides a los que podríamos llegar. En el sistema solar se encuentran agrupaciones masivas como el Cinturón de Asteroides, ubicado entre Marte y Júpiter, los troyanos de Júpiter, que comparten la misma órbita que dicho planeta alrededor del sol, y la agrupación triangular Hilda (ver Figura 1); sin embargo, para las etapas apenas exploratorias en las que nos encontramos no es justificado llegar hasta ninguno de los asteroides de dichas acumulaciones, por lo que el objetivo en la actualidad es alcanzar asteroides mucho más cercanos, dentro de los que se conocen dentro del grupo de objetos próximos a la Tierra (NEO, por sus siglas en inglés). Se cree que estos asteroides provienen del cinturón de asteroides y llegaron a zonas más cercanas del centro del sistema solar atraídos por fuentes gravitacionales de otros cuerpos, si bien no necesariamente siempre se encuentran cerca de nuestro planeta, sí tienen órbitas que se cruzan con la nuestra y su perihelio (punto de órbita más cercano al sol) no tiene una dimensión de más de 1.3 unidades astronómicas, la

Agencia Espacial Europea estima que unos 20.000 asteroides pertenecen a dicha categoría, de los más de 600.000 conocidos.

Los primeros proyectos de toma de muestras en asteroides se dieron desde principios de siglo, el Hayabusa fue el primero de estos, consistió en una misión no

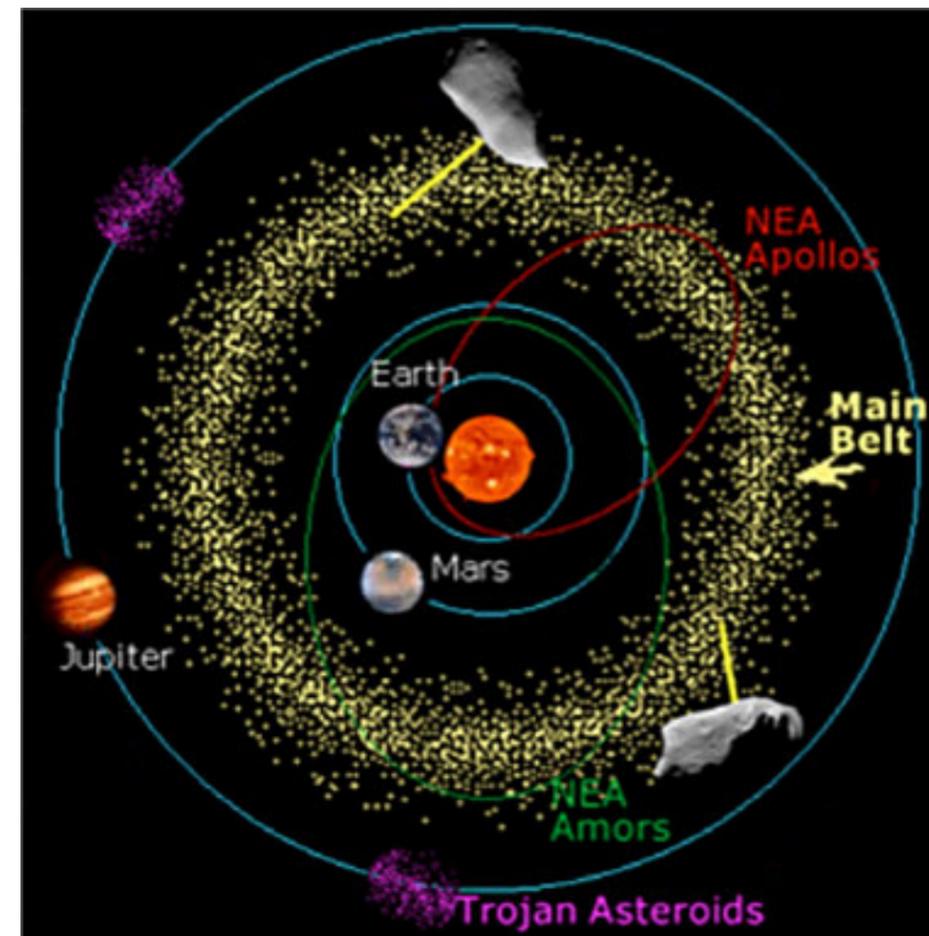


Figura 1. Mapa de asteroides en el Sistema Solar hasta Júpiter. Fuente: ESA¹

tripulada que lanzó la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial en 2003, alcanzó el asteroide objetivo (tipo S) en 2005 y posteriormente realizó el transporte de muestras y datos de regreso a la Tierra a su reingreso en 2010. Desafortunadamente, la misión no fue completamente exitosa y los equipos presentaron inconvenientes que no permitieron la toma de datos ni de muestras esperada, sin embargo, fue posible confirmar la presencia de olivino, piroxeno, plagioclasa y sulfuro de hierro. En los años siguientes se obtuvieron muestras provenientes de las misiones Hayabusa2 de la agencia japonesa (lanzado en 2014 y reingresado en 2020) y Osiris-

Rex de la NASA (lanzado en 2016 y reingresado en 2023), ambos asteroides eran tipo C. Actualmente existen muchos más proyectos en desarrollo de múltiples agencias espaciales, así como planes financiados con capital privado.

Es evidente que la viabilidad comercial actual de estas misiones es prácticamente nula puesto que toman muchos años de preparación y ejecución, además de que requieren una financiación altísima, el Osiris-Rex, por ejemplo, costó cerca de 1.16 millones de dólares², de manera que es posible que nunca veamos un proyecto de

minería masificada en nuestras vidas y que estos elementos no estén disponibles para ser parte de la urgente transformación energética. Y tal vez el objetivo final de la minería de asteroides en el futuro ni siquiera sea utilizar esos materiales en nuestro planeta, los recursos que se extraigan podrían tal vez ser usados como combustible, por ejemplo, obteniendo hidrógeno y oxígeno a partir del agua disponible en asteroides y

cometas, abaratando los costos de las misiones espaciales; o también podrían ser aprovechados los elementos de los asteroides tipo C como fertilizantes fuera del planeta, o quizás algunos minerales podrían ser usados en colonias de nuestra especie en planetas más cercanos al cinturón de asteroides, como Marte. Probablemente eso solo lo sabrán las generaciones futuras.

¹European Space Agency. Near-Earth Objects 2009. Photo: @ESA

https://www.esa.int/Enabling_Support/Preparing_for_the_Future/Discovery_and_Preparation/Near-Earth_Objects

²The Planetary Society. Cost of OSIRIS-Rex. <https://www.planetary.org/space-policy/cost-of-osiris-rex>



Natalia Silva (MSc): Geóloga de la Universidad Industrial de Santander, Postgrado en Petroleum Geoscience de la Heriot-Watt University y Máster en Energías Renovables y Sostenibilidad Energética de la Universitat de Barcelona. Su carrera empieza en la minería de esmeraldas en el Cinturón Esmeraldífero Oriental de Colombia y en proyectos mineros de Níquel colombianos. Tiene más de 10 años de experiencia en el sector de hidrocarburos en desarrollo de

yacimientos y geomodelado en cuencas petrolíferas de los Estados Unidos, Colombia, Ecuador y Brasil. Más recientemente, su carrera está enfocada en el aprovechamiento de energías renovables, principalmente de energía solar, ha elaborado proyectos de generación eléctrica a partir de instalaciones fotovoltaicas en Europa y los Estados Unidos.

ensilvacruz@gmail.com

Campaña de Limpieza y Monitoreo de Contaminantes en la zona del Albergue Piedra Grande, Parque Nacional del Pico de Orizaba

Alejandro Carrillo-Chávez^{1*}, Valeria Rosalba Quezada Camacho², Samael Oliver², Javier Cortés², Raúl Gómez Trejo², Horacio Hernández Núñez², Yohualli Sánchez Gonzales³, Eduardo Mora Prieto³

¹Instituto de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Qro. Blvd. Juriquilla 3001, Juriquilla Qro, México 76230.

²Grupo Montañismo-Geoquímica Ambiental Glaciar-UNAM de apoyo para la perforación de núcleos de hielo en Pico de Orizaba e Iztaccíhuatl, Domicilio Conocido, Amecameca de Juarez, Edo de Mexico 56996.

³Mountaineering Logistics (Servicio de Transporte, Hostal y Guías), Domicilio Conocido, San Miguel Zoapan, Puebla, 75059.

* Autor de correspondencia: ambiente@geociencias.unam.mx

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3452-0576>

El 8 de agosto de 1786 es una fecha pivote en el montañismo moderno (actividad de escalada a las cimas de altas montañas en glaciar, roca y terreno combinado). En esa fecha, Jacques Balmat fue el primer hombre que ascendió la cumbre del Mont Blanc (Alpes Franceses - Italianos) acompañado de Dr. Michel-Gabriel Paccard, patrocinador de la aventura. La leyenda cuenta que el Doctor Paccard tenía una diferencia personal con un científico de Suiza sobre detalles de cima de la montaña. Esta rivalidad encendió la mecha que llevó al doctor Paccard, y a su guía Jaques Balmat (en realidad él era un cazador y explorador de minerales local), a emprender la ascensión al Mont Blanc (altura de 4809 m) en agosto de 1786 (<https://www.lonelyplanet.es/blog/la-primera-ascension-al-mont-blanc>). Otra fecha muy importante en el montañismo es el 29 de mayo de 1953. Ese día Sir Edmund Hillary y Tenzing Norgay-Sherpa se convirtieron en los primeros montañistas en hacer cumbre en el monte Everest, con 8848 metros de altitud, la montaña más alta

de la Tierra, ubicada en la Cordillera Himalaya en Nepal. Datos de hace pocos años indican que para el año 2001 el número de turistas que visitaban montañas con una altura superior a los 2000 metros de altura era de unos 40 millones al año en los Alpes y 100 millones de turistas en las alturas en todo el mundo. En los Alpes suizos se estima que unas 150,000 personas practican montañismo a gran altura al año. Se estima que al año unas 20,000 personas escalan al Mont Blanc cada año, y en un día puede haber 200 montañistas en la cumbre (https://es.wikipedia.org/wiki/Mont_Blanc). Por otro lado, las noticias recientes nos muestran fotografías de unas 500 personas esperando en fila para poder hacer cumbre en la cima del Everest (algunas han muerto por congelamiento).

En la actualidad existen innumerables agencias de turismo de montaña local e internacional que ofrecen paquetes turísticos para alcanzar la cumbre de montañas en todo el mundo (básicamente los Alpes, los Andes, Alaska, los Himalayas y montañas locales y aisladas en todo el mundo). Las montañas del Pico de Orizaba e Iztaccíhuatl en México no son la excepción. Para la temporada de ascenso del 2023-2024 (Octubre 2023 a Abril 2024) se estima que en un fin de semana puede haber hasta 300 turistas de montaña en campamento base del Pico de Orizaba (lugar conocido como Piedra Grande a 4274 m de altitud) y, posiblemente más personas en el Iztaccíhuatl (zona de Paso de Cortés y el paraje conocido como La Joya). La belleza de los paisajes naturales, el aire fresco de montaña, el bosque en la base de la montaña, las caminatas, senderismo, las travesías sobre el glaciar, y la hermosa vista desde la cumbre (incluido el impresionante cráter del Pico de Orizaba, con la cima a 5626 m de altitud y la zona del Pecho del Iztaccíhuatl a 5225 m de altitud) son un gran atractivo a miles de visitantes cada temporada de escalada a las altas montañas mexicanas.

Por otro lado, y con respecto al ingreso a los parques naturales y la basura generada, los Alpes, y otros lugares en Europa, Canadá, EUA, entre otros, tienen un estricto control de acceso y a los permisos para escalar las altas montañas, y por ende, estricto control sobre basura de

todo tipo que generan los visitantes (incluidos desechos humanos). Sin embargo, tristemente, también hemos visto en las noticias que los diferentes campamentos en el Everest (campo base y 4 campos altos) son verdaderos vertederos de basura de todo tipo (incluida también la generada por desechos humanos). El Iztaccíhuatl y el Pico de Orizaba, de nuevo, no son la excepción, y los miles de visitantes por temporada generan una gran cantidad de basura de todo tipo. En estas montañas mexicanas no existe un estricto control sobre los visitantes, ni reglamentos estrictos sobre la basura generada. Es triste caminar por los alrededores de los campamentos base de estas montañas en México y encontrar basura de todo tipo dispersa.

Campaña de Limpieza y Monitoreo de Contaminantes en la zona de Piedra Grande

En la semana del 6 al 9 de mayo del 2024, los autores de este artículo planearon una campaña de limpieza y monitoreo de basura en el Pico de Orizaba, en la zona del Albergue de Piedra Grande. La Figura 1 muestra un mapa (google earth) de la ubicación de la zona del albergue de Piedra Grande (APG, en amarillo). El recuadro ampliado de la Figura 1 muestra las zonas 1 al 4 de limpieza y monitoreo (cuadros rojos), el albergue principal de Piedra Grande (APG) y el albergue pequeño (APGp). Las 4 zonas se seleccionaron al azar pero tratando de cubrir áreas cercanas a los dos albergues y zonas detrás de piedras que comúnmente se usan como baño para los turistas de montaña. Los desperdicios recolectados y monitoreados fueron: 1) todo tipo de papel, 2) toallas sanitarias, 3) toallas húmedas, 4) colillas de cigarro, 5) plásticos de todo tipo, 6) vidrio, 7) metal (latas y otros pedazos de metal), 8) pedazos de tela, 9) pañales y 10) desperdicios humanos.

Metodología:

En cada zona seleccionada se marcó, con una cuerda, un cuadro (cuadrante) de 3 x 3 metros de lado (9 metros cuadrados en total por cada cuadrante), y en cada zona se colectó basura y se realizó conteo y monitoreo de desperdicios en 6 cuadrantes (6 x 9 = 54 metros cuadrados), a excepción de Zona 4, en donde solo se

usaron 5 cuadrantes (5 x 9 = 45 metros cuadrados). El área total cubierta para recolección y monitoreo de basura fue de 54 metros cuadrados de cada zona 1, 2 y 3, y 45 metros cuadrados para zona 4. Total de (3 x 54) + 45 = 207 metros cuadrados. La Tabla 1 muestra las 4 Zonas, los cuadrantes limpiados y monitoreados y el conteo (monitoreo) de desperdicios por cuadrante. Se muestra también el "Total" de desperdicios por cada zona. La columna final, "Gran Total", nos indica la suma de todos los desperdicios por tipo en los 207 metros cuadrados monitoreados. El "gran campeón" de la basura monitoreada es el "plástico" (591 plásticos en los 207 metros cuadrados cubiertos), esto nos da una densidad de 2.8 plásticos por cada metro cuadrado o bien un promedio de 25 plásticos por cada cuadrante (resaltado en verde en Tabla1). Estos plásticos incluyen desde envolturas de dulces-chocolates, tapas de botellas, envases de bebidas energéticas e hidratantes (electrolitos), botellas de agua y de refrescos, entre otros. Segundo lugar se lo lleva el papel con 463 en total y una densidad promedio de 2.23 papeles por cada metro cuadrado o 20 por cuadrante (resaltado en amarillo en Tabla1). La distribución de los desperdicios de papeles es aleatoria debido a que fácilmente son transportados por el viento. Las Toallas húmedas (Toallas Hum en Tabla 1, es de 97 total, promedio 0.5 por cuadrante) y se localizan básicamente en donde existen los desperdicios humanos (Desp Huma en Tabla 1). Muy cerca del albergue se colectaron y contaron 71 de las 97 colillas de cigarro. Es obvio que los montañistas fumadores salen a la puerta del albergue y ahí tiran su colilla. Como nota, se dejó un envase de 4 litros de plástico en el albergue con indicaciones de que ahí se depositen las colillas (Figura 2). Con respecto al vidrio, básicamente todo (50+ fragmentos de los 80 totales) se recogió cerca del albergue (cambio de cristal de una ventana). Toallas sanitarias (Toallas S en Tabla 1), metal, tela y pañales fueron los desperdicios en menor cantidad. Pero no por ello preocupante, 2 pañales en el área nos dejan muy tristes del tipo de turistas que llegan al albergue, lo mismo calcetines, pañuelos o otros tipos de tela encontrados (se encontró una chamarra vieja tirada en la zona conocida como "el Laberinto" medio camino del albergue a la cumbre). Como nota importante,

en este ejercicio de limpieza y monitoreo de basura se tomaron todas las precauciones usando cubrebocas, guantes de vinilo, pinzas, sacos para la basura y cubeta con cal para neutralizar olores de desperdicios humanos. La Figura 3 muestra el equipo de trabajo con los sacos y cubetas de basura recolectada. La basura en general se bajó al poblado de San Miguel Zoapan para entregarla a los camiones de basura del municipio. Los desperdicios humanos fueron mezclados con cal, hojas y suelo del bosque, y enterrados a 40 cm de profundidad en una zona del bosque cerca de la población de Miguel Hidalgo (los excrementos o heces humanas son un fertilizante rápido y potente, rico en nitrógeno y fósforo, durante los 6 primeros meses, se puede perder más del 60% de nitrógeno de las heces; <https://lombritec.com>). La Figura 4 muestra una gráfica con toda la información de los desperdicios recolectados, las barras en la gráfica indican el tipo y la cantidad de residuos recogidos y monitoreados en los 207 metros cuadrados de este ejercicio.

Opciones para mantener limpio el lugar

Es realmente triste observar basura en cualquier lugar y mucho más en un parque nacional. La primera opción para mantener la belleza y limpieza de nuestros parques nacionales es la de fomentar la cultura a todos los niveles (familiar, escolar, agencias de turismo, ejidos, municipio, gobiernos estatal y federal) de ser limpios y llevarnos con nosotros cualquier tipo de residuo (envolturas de plástico, papeles, envases, etc.) Lo ideal es que nosotros mismos nos llevemos toda la basura, la segunda opción sería tener bolsas y botes de basura en diferentes zonas del parque nacional en donde se deposite toda la basura. En la segunda opción, sería necesario que una camioneta recogiera toda la basura y la bajaría al pueblo para ser entregada al municipio. Esto involucra un costo que podría ser cubierto con las cuotas de admisión al parque. En el caso de los desperdicios humanos existen varias opciones: (1) llevar una pala pequeña, cavar un hoyo y enterrar el desperdicio; (2) instalar baños, esto daría privacidad a los turistas de montaña, pero sería necesario un buen programa de manejo de residuos (descomposición, proceso, disposición final) y recursos

económicos par su instalación y mantenimiento (también pudiera cobrarse una cuota de uso, o estar incluida en la cuota de acceso al parque); (3) y quizás la mejor y más viable y económica sería la de tener un área privada sencilla para el baño en la zona del albergue, pero recolectar el desecho en bolsa de plástico (doble) y bajarla consigo o depositarla en un bote grande (con un costo) y que se hiciera composta en la zona del bosque. En fin, las opciones son variadas pero el objetivo es el mismo, mantener la belleza y limpieza de la montaña en todas sus zonas: bosque, área de albergue (campo base); ruta de ascenso, campo alto base del glaciar, y sobre todo, el glaciar.

Conclusiones

No estamos inventando el hilo negro del manejo y reciclado de residuos (basura y desperdicios humanos). Desde hace unos 3500 años, antes del presente, Moisés escribió lo que se conoce como la Ley Mosaica, que en parte dice "... Debes escoger un lugar privado fuera del campamento, y allí es donde tienes que hacer tus necesidades. Tu equipo debe incluir una estaca. Y, cuando te agaches fuera, debes cavar un hoyo con ella y luego cubrir tu excremento. Porque Jehová tu Dios está andando por tu campamento... , y tu campamento debe ser santo, para que él no vea algo indecente en ti y deje de acompañarte..." (Deuteronomio, capítulo 23, versículos 12 al 14, Biblia). La palabra "santo" también puede traducirse como limpio, aseado, inmaculado, sin mancha, etc. Y pues en esencia es lo que debemos de ser, limpios en todo aspecto y dejar limpio cualquier lugar que visitemos. Recordemos brevemente los inicios del montañismo organizado en México, hace ya más de 100 años, con la fundación de varios clubes de montaña (Club Citlaltépetl, Club Exploraciones de México, Club de Exploraciones Motolinia, entre otros, y la fundación del Socorro Alpino en 1946), la regla número 1 del "verdadero montañista" siempre es y será NO dejar nada de basura (un "verdadero montañista" NO es el que escala más alto, es aquel que RESPETA, tiene MIEDO y AMA a la montaña; https://es.wikipedia.org/wiki/Monta%C3%B1ismo_en_M%C3%A9xico).

El problema de la basura y residuos empezó con la masificación del turismo de montaña hace unos 20 años (2000s). Que bueno que muchas más personas puedan disfrutar de la maravilla de estar en una alta montaña, pero debemos de disfrutar responsablemente, no ensuciando la montaña.

La conclusión de todo esto es NO dejar nada de basura en la montaña, sobre todo nuestros desperdicios humanos. Llevar bolsas de plástico (dobles), herméticas para desechos humanos, y un saco o bolsa más grande para todo lo demás (papel, envolturas, envases, latas, etc.). Las bolsas de plástico de los desperdicios humanos pueden ser transportadas en un tubo de plástico de 10 cm de diámetro con tapa hermética (popotubo) fácilmente transportable amarrado fuera de la mochila.

La idea básica de este artículo es incidir directamente en todas las instancias involucradas en el montañismo: agencias de turismo de montaña, guías de montaña, hostales de montaña, servicios de transporte al albergue, ejidatarios, oficiales del parque nacional, municipio, gobierno del estado y federal, y sobre todo, los turistas de montaña*. (*Nota: Con el término "turista de montaña" nos referimos a una persona que, quizás, va por primera vez a una montaña contratando a una agencia de turismo de montaña que da servicios de transporte desde la ciudad, hostel, transporte 4x4, campamento base, alimentos y guía). Cuando una persona, desde su primer visita a la montaña la respeta, le tiene miedo y la ama, se convierte en un "verdadero montañista".

Pedimos, por favor, a todos los lectores de este artículo que los distribuyan entre conocidos, en redes sociales, en agencias de turismo de montaña, ejidatarios, porque nacional, etc., todos los medios posibles a fin de concientizar la cultura del "verdadero montañista" (verdadero excursionista, ciclista, senderista, campista, persona, etc.)

Las montañas nos dan verdaderas lecciones de vida. Deseamos concluir este escrito con este hermoso poema de Battistino Bonali (QEPD), alpinista y poeta italiano fallecido en la cara norte del Huascarán, Cordillera Blanca, Perú en 1993:

*"Gracias montaña por haberme dado lecciones de vida.
Porque fatigado he aprendido a gustar el reposo.
Porque sudando he aprendido a apreciar un sorbo de agua fresca.*

*Porque cansado me he detenido y he podido admirar la
belleza de una flor, la libertad del vuelo de los pájaros y
respirar el perfume de la sencillez.*

*Porque solo, sumergido en tu silencio, me he visto en el
espejo y, espantado, he admitido mi necesidad de verdad
y amor.*

*Porque sufriendo he saboreado la maravilla de la cumbre,
percibiendo que las cosas verdaderas, aquellas que llevan
a la felicidad, se obtienen sólo con fatiga, y quién no sabe
sufrir nunca podrá entender."*

Transformémonos de "turistas de montaña" en "verdaderos montañistas" cultivando RESPETO, MIEDO Y AMOR a la montaña.

Agradecimientos

Agradecemos financiamiento del Proyecto UNAM-PAPIIT IN 110421 "Concentraciones y fraccionamiento Isotópico de Zn y Hg en agua de lluvia y hielo glaciar de alta montaña: procesos geoquímicos, fuentes y trayectorias de metales en el centro de México" (Responsable Alejandro Carrillo), y de la Srita. Andrea Rodríguez Zepeda de la Fundación Tierra Alta A.C.

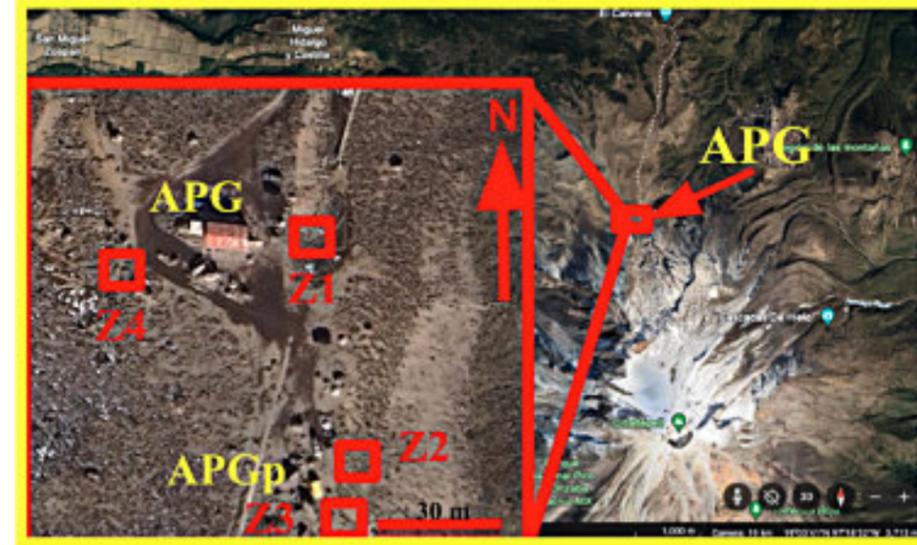


Figura 1. Mapa de localización



Figura 2. Bote para colillas



Figura 3. Recolectando y monitoreando desperdicios en un cuadrante



Figura 4. Voluntarios del Equipo de Trabajo con los sacos de basura y cubetas de desperdicios humanos.

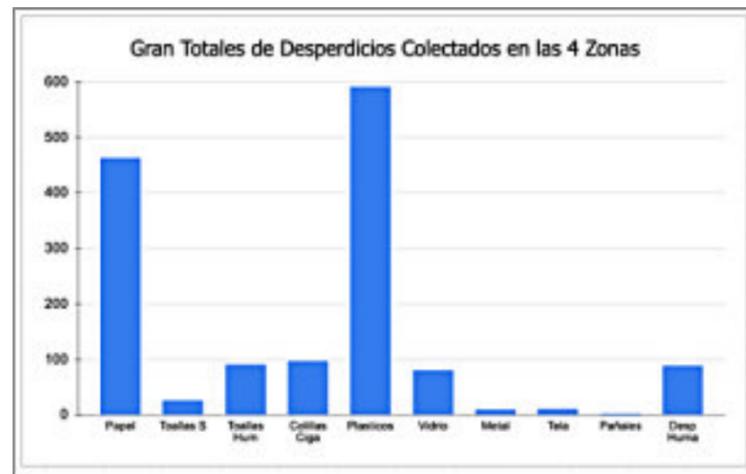


Figura 5. Gráfica de todos los desperdicios recolectados



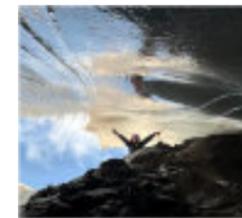
Figura 6. "Raul-Kali" "en comunión con la "Pachamama" en el "Árbol Solitario" cerca del refugio de Piedra Grande. Por cierto, este "Árbol Solitario" por años fue el árbol más alto de México (y posiblemente de muchas otras montañas localizado a unos 4260 m sobre el nivel del mar). Sin embargo, el cambio climático nos ha dado otra sorpresa, se observaron cerca del árbol solitario (sobre todo más arriba) arbolitos de unos pocos años de vida sobreviviendo, soportando y dando paso a la vida a bajo las condiciones inhóspitas arriba de los 4260 m de altitud.

Tabla 1. Conteo de desperdicios recolectados por cuadrante, zona y el gran total.

| Desperdicio | Zona 1 | | | | | | Zona 2 | | | | | | Zona 3 | | | | | | Zona 4 | | | | | | Gran Total | Promedio por m2 | Promedio por cuad | | |
|--------------|--------|----|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|-----|--------|-----|----|----|----|----|--------|-----|----|----|----|----|------------|-----------------|-------------------|-------|-------|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C6 | | | | | |
| Papel | 5 | 16 | 37 | 14 | 25 | 8 | 106 | 40 | 66 | 50 | 7 | 163 | 45 | 19 | 13 | 5 | 4 | 8 | 84 | 25 | 15 | 13 | 30 | 18 | 101 | 463 | 2.24 | 20.13 | |
| Toallas S | 1 | | 3 | | | | 4 | 3 | | 7 | | 10 | | | | | | | 1 | 1 | 3 | | 5 | 2 | 11 | 26 | 0.13 | 1.13 | |
| Toallas Hum | | | | 5 | 5 | 3 | 13 | 7 | 1 | 7 | | 15 | | | | | | | 8 | 14 | 13 | 14 | 20 | 2 | 63 | 91 | 0.44 | 3.96 | |
| Cajitas Ciga | 8 | 5 | 15 | 13 | 15 | 15 | 71 | | 4 | 5 | | 9 | 5 | | 2 | 1 | 2 | 10 | 1 | 3 | 3 | | | 7 | 97 | 0.47 | 4.22 | | |
| Plásticos | 15 | 44 | 74 | 47 | 57 | 42 | 279 | 18 | 31 | 16 | 50 | 1 | 1 | 117 | 37 | 18 | 14 | 16 | 30 | 115 | 20 | 30 | 10 | 10 | 10 | 80 | 591 | 2.86 | 25.70 |
| Vidrio | 1 | 5 | 50 | 4 | 2 | | 62 | | | | | 2 | 2 | 1 | 2 | 12 | | | 15 | 1 | | | | 1 | 80 | 0.39 | 3.48 | | |
| Metal | | 1 | | | | 1 | 2 | | | | | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | | 5 | | 1 | | | 1 | 10 | 0.05 | 0.43 | | |
| Tela | 1 | | | | 1 | 1 | 3 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | 1 | 1 | | | | 4 | | | 1 | 1 | 1 | 11 | 0.05 | 0.48 | | |
| Pañales | | | 1 | | | | 1 | | | | | 1 | | | | | | | 1 | | | | | | 2 | 0.01 | 0.09 | | |
| Desp Hum | 2 | | 1 | | | | 3 | 9 | 1 | 16 | 20 | 3 | 49 | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 12 | 2 | 20 | 34 | 89 | 0.43 | 3.87 |



Dr. Alejandro Carrillo-Chávez. Ingeniero Geólogo del Instituto Politécnico Nacional, Maestría en La Universidad de Cincinnati, y Doctorado en la Universidad de Wyoming. Inicio su trabajo en el Instituto Mexicano del Petroleo y después inicio vida académica en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. En 1998 ingreso al a Unidad Investigación en Ciencias de la Tierra (UNICIT) UNAM, Campus Juriquilla (actual Centro de Geociencias). Su trabajo inicial fue sobre petrografía ígnea y metamórfica. En academia inicio dando clases de petrología ígnea y metamórfica. Actualmente es Tutor del Posgrado en Ciencias de la Tierra UNAM. Su maestría fue sobre yacimientos minerales metálicos y su doctorado sobre geoquímica ambiental. Actualmente sus líneas de investigación son: Metales Pesados en Medio Ambiente, Hidrogeoquímica, Geoquímica Isotópica de Metales Pesados e Hidrogeoquímica de Salmueras Petroleras. A la fecha es responsable de un Proyecto UNAM sobre Concentraciones de metales e isotopía estable de Zn y Hg en agua de lluvia, nieve y núcleos de hielo en glaciares mexicanos. ambiente@geociencias.unam.mx

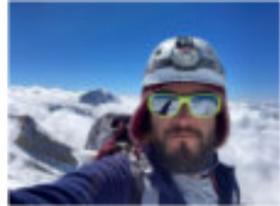


Valeria Rosalba Quezada Camacho

Vivo en Ciudad de México y practico montañismo desde el año 2018. Estudié derecho en la facultad de la UNAM, he hecho gestión y difusión cultural a través de la danza, canto y medicina tradicional (temazcalli, inipi), he participado en campañas de recolección de basura en zonas montañosas del centro de México, así como en jornadas de reforestación en la región de los volcanes (Izta - Popo). Actualmente trabajo en sector salud y sigo en colaboración con diferentes campañas culturales, ecológicas en CdMx y Edo. Mex.



Samuel Oliver Sáenz (Anáhuac, 1989), estudió Ciencias de la Comunicación en la UNAM para poder hablar con las montañas, en el idioma que sea. Actualmente trabaja como guía de alta montaña en México y, desde 2014, es asistente de campo en diferentes proyectos de investigación en las montañas.



Javier Cortés Rosas. Guía de montaña y técnico en telecomunicaciones. Bachillerato Tecnológico en telecomunicaciones en el Instituto Politécnico Nacional. Descubrió su pasión por las actividades de montaña en el año 2006, a las cuales se ha dedicado tanto en el ámbito deportivo como profesional. En las actividades recreativas, propone una perspectiva de respeto hacia las montañas donde prevalezca un enfoque de adaptarnos a ellas antes que tratar de modificarlas para beneficio de nuestra comodidad.

De los años 2008 al 2012 lideró un club de montaña en donde descubrió su vocación como guía, ampliando su experiencia, conocimientos y habilidades. Es en este club donde creó los vínculos que posteriormente lo relacionarían al ámbito de la ciencia y las artes.

Desde el año 2014 comenzó a trabajar como guía en proyectos personales y a partir del 2018 comenzó a colaborar para diversas agencias turísticas de montaña. A lo largo de 12 años ha colaborado como guía, asistente e instrumentista en diversas actividades de campo para investigaciones científicas relacionadas a la vulcanología, glaciología y sismología. También ha participado desde hace 14 años como asesor, guía y asistente de producción en diversas filmaciones y otros proyectos artísticos realizados en las montañas: Iztaccíhuatl, Citlaltépetl (Pico de Orizaba) y Xinantécatl (Nevado de Toluca).



Raul Gomez Trejo

Biólogo egresado de la UNAM, Maestría en Ciencias del Instituto de Biología UNAM. Apasionado de la biodiversidad, de la vida y preocupado por los efectos del cambio climático en la naturaleza. Ha descrito varias especies nuevas de lagartijas en las sierras de Oaxaca y Guerrero. Ha trabajado estudiando los efectos del cambio climático en organismos ectotermos. Fotógrafo, escalador y guía de alta montaña. Me encanta combinar ciencia, conservación y deportes de aventura. Fundador de Humboldt Expeditions.



Horacio Hernández Núñez

Biólogo FESI UNAM, dedicado a la conservación de flora y fauna endémica en diversos ecosistemas. Agricultor Urbano, estudioso de la etnobotánica y la medicina tradicional mexicana. Caminante de cerros y montañas, contemplador de paisajes y sonidos de la naturaleza, preocupado por su preservación y disfrute futuro.



Yohualli Sánchez Gonzales y Eduardo Mora Prieto

Oriundos del poblado San Miguel Zoapan, ubicado en la ladera oeste del imponente Pico de Orizaba. Sus primeros recuerdos desde niños son del contraste entre la blancura de la esbelta figura del Pico de Orizaba, el verde del bosque y el azul del cielo. Han sido testigos de la marcada disminución del tamaño del glaciar del Pico. Desde hace varios años dirigen la pequeña empresa familiar de "Mountaineering Logistics (Servicio de Transporte, Hostal y Guías) en San Miguel Zoapan, Puebla, en donde reciben, apoyan y concientizan a cientos de personas (turistas de montaña), a disfrutar de la montaña responsablemente. Eduardo Mora es un reconocido guía de montaña.

THE RISKS OF EARLY OIL EXPLORATION IN VENEZUELA

JHONNY E. CASAS¹

¹ Escuela de Petróleo, Universidad Central de Venezuela



The Perijá Mountains of Colombia and Venezuela

The Motilón-Barí Indians have lived their lives for millennia along the Venezuelan-Colombian border, south of Perijá range. Since 1912, geologists from different companies started to explore the Lake Maracaibo Basin and Perijá Mountains, so contacts and incidents with Motilón-Barí Indians started to be more and more frequent. In the late 1940s and early '50s, the lure of gold, minerals and oil, lying hidden in their mountains, began to change the Motilonés' way of life forever.

The oil industry and governments were anxious to exploit the riches of the Motilón territory, so a running battle commenced between these aboriginal natives on one hand and big oil companies on the other. Hostilities increased due to the massive penetration of Motilón territory and because the indiscriminate use of guns against the Indians. This conflict lasted decades.

Today, little is left of their old way of life, but in the past, these small size Indians were fierce, moving in groups, with their curare-tipped arrows to hunt wild boars, monkeys, birds and any animal in the jungle. The curare root, famed throughout South America for its lethal action, is a common name for various alkaloid poisons originating from plant extracts, which are plentiful in their jungle. This root is prepared by boiling

the bark of one of the dozens of plant sources until the liquid turned into a black heavy paste that can be applied to arrow or dart heads. The Motilón soaked foot-long arrows in this toxic paste. When dried, the arrows were a deadly weapon.

From the 1920s through the '40s, geological and airborne seismic surveys of Western Venezuela had revealed the presence of large geological structures that might contain oil reserves. The particular structures along Venezuelan-Colombian border held promise of oil findings, so companies like Royal Dutch Shell and Standard Oil Company, among others, decided to brave the Motilón threat and conduct exploratory campaigns in these areas.

THE EXPLORATION

In 1948, the geologists H.W. Loser and P.S. Kiewiet de Jonge, working for the Anglo-Saxon Petroleum Company Ltd. (one of the Shell group companies) spent two months in the south Perijá mountains of Venezuela, between Machiques and the Santa Rosa de Agua Blanca River, conducting a geological field trip through the area. In their monthly progress reports, the exploration survey had mentioned very interesting results of the Cretaceous facies of Perijá, and mentioned also high expectations in the Tucuco area, where photogeology

indicated a possible major structure. Loser and Kiewiet de Jonge were about to discover that the difficulties to approach the Tucucu area proved more serious than originally anticipated.

On May 7, Loser and Kiewiet de Jonge and the rest of their exploration party suffered a Motilón attack in the vicinity of the Rio Santa Rosa. Kiewiet de Jonge wrote a report with narration and details of the attack and sent it to W.L. Foster at the office in Caracas, who in turn sent a full report to the Operations Department of Anglo-Saxon Petroleum Company Ltd. in London.

THE ATTACK

Kiewiet de Jonge's detailed report described the attack suffered by his party with the following texts:

"On Friday May 7th at 7 a.m., accompanied by ten workmen, I left the base camp situated at the Rio Santa Rosa de Agua Blanca (165 km. SW, of Maracaibo, or 54 km SSW of Machiques, at the foot of the Perijá mountains range, +/- 25 kms. E of the Colombian border) in order to clear a new campsite 3 hours walking downstream along the same river. In this party four men were armed with shotguns and I carried a revolver. Having worked for four hours at this new camp-site we returned to the base camp. Nothing unusual was observed during this return trip. At a distance of about 200 m. from the base camp four men were walking in front of me. Suddenly they started shouting and I saw arrows flying over the trail".

"Three of the men came running towards me and I began shooting in the air for fear of hurting our own men, through random firing at the invisible Indians. Immediately two armed men of the rear guard rushed into the bush and started shooting. I ordered them to stay near. The second man of the head group, Jesus Angel Paz, was badly wounded. One arrow had pierced his chest and one his arm. The first man of the head group, Severino Marquez, had an arrow in his back".

"I did not perceive this instantly, as he ran forward towards the base camp and was out of my sight. 5 to 10 minutes after the attack I heard some shooting ahead of me. This was Loser, who, after having heard our shooting, arrived from the base camp with more armed men. He found the wounded Marquez walking in the pica and brought him to the camp. One of Loser's men soon arrived at the place where I was waiting with the wounded Paz".

"I knew then that Loser had the situation well in hand ahead of me and that I could stay where was. The attack took place just before 5 o'clock in the afternoon".

"The attacking Indians must have numbered one dozen men. We deduced this from the observation that the two ambushes we found could shelter about this number. The ambushes were made roughly of palm leaves, resembling very closely palm leaves normally cut down in a pica. One ambush was situated +/- 2 m. from the trail. From this one the arrows were shot which wounded our two men. The second ambush was at a distance of about 8 m. from the trail".



Map showing the location of the Motilón attack (modified from the original map in Kiewiet de Jonge's report)

THE BASE CAMP AND THE ESCAPE

Kiewiet de Jonge continued with his report, describing the arrival to the base camp at Rio Santa Rosa, and the transportation of the wounded people:

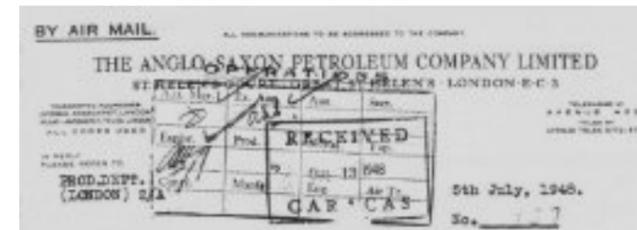
"After having made a stretcher, we arrived with Paz at the base camp at 5.45 p.m. Loser wanted to transport the wounded men to the mission the same night, but a 'baquiano' familiar with the conditions in Motilone country advised against this, as he expected more ambushes along the trail from our base camp to the mission".

"We had only three mules available, as most of them had been sent to La Cueva to fetch provisions. On Saturday morning, however, these three mules could not be found. We had in our camp 26 men available out of a total of 36. We needed 16 stretch-bearers and at least 4 armed men in the vanguard as well as 4 in the rear of the transport. Therefore, we could not leave a sufficiently strong guard behind for the protection of the equipment in the base camp".

"On Saturday May 8th we left the camp at 9 a.m., with the crew carrying only the most important personal items. The remainder of our personal belongings as well as all the camp equipment had to be left behind".

"At 2.30 p.m. we arrived at the mission. From here Loser went ahead on horseback to arrange for transport from La Cueva to Machiques and from there to Maracaibo. At 4.30 p.m. the transport moved on to La Cueva. On our way we engaged stretch-bearers from among the local farmers".

"We arrived at La Cueva at 10.30 p.m. ... where transport by car is possible. At 1 a.m. May 9th a power wagon arrived kindly put at our disposition by a gravity party of the Creole, working near the Rio Negro. At 2 a.m. this car left for Machiques with the two wounded men in care of four trusted men. At 5 a.m. this car arrived in Machiques, where the wounded got their first medical assistance from Dr. Taborda. An ambulance then brought them to Maracaibo. At 8 o'clock on Sunday morning the two men were in the C.P.C. Hospital and were attended by Dr. Vasquez".



Letterhead of one of the multiple communications between Anglo-Saxon offices in Caracas and London

THE CAPUCHIN ORDER

On May 13, in an internal correspondence between Maracaibo and Caracas' Anglo-Saxon offices, signed by a "Mr. McCurdy," some background explanations are detailed about the work done previously to ensure a safety exploration of the Tucucu area. In the memorandum, the writer explained that the attack occurred in the northern border of the Motilón territory, which appears to be under the influence of the order of the Capuchin Monks for missionary activities. The monks maintained an outpost in the northern fringe of this territory. Before entering the area in question, Anglo-Saxon personnel made contact with Padre J. Cesareo de Armellada of the Capuchin order, who had been conducting a campaign of pacification of the Motilones.

Cesareo was reluctant at the beginning, but soon he changed his attitude and gave advice about the approach to the area and gave his consent, before Loser and Kiewiet de Jonge started their fieldwork. However, after the attack, Cesareo appears to have forgotten that meeting, and during a visit to Anglo-Saxon's Maracaibo offices few days after the attack, he hinted that not only he warned the company about the great danger of entering the area in question, but also that the incident probably had destroyed the results of his work with the Motilones.

Regarding the Loser/Kiewiet de Jonge program, the memorandum stated that an attempt would be made to salvage the equipment at the base camp. Thereafter, the complete party would be pulled out of the area, because there was some "bad feeling of the crew men against the missionaries," but most importantly, because further attacks by the Motilones would be unavoidable if the geological survey continued in their territory.



Motilón shelter in the 50's

EPILOGUE

On May 28, W.L. Forster communicated to the Anglo-Saxon offices in London that Severino Marquez, who was wounded during the attack, died at the hospital in Maracaibo. Forster also confirmed again that in view of further attacks, the Loser/Kiewiet de Jonge party had been pulled out of the Motilón area, abandoning exploration in the Tucucu area for the time being.

In the same message, Forster stated that the continuation of the geological survey is inadvisable for the time being, since it is likely to result in undesirable publicity and might even induce the government

authorities to place a ban on all exploration work in Motilón country.

During the '50s and early '60s, the Capuchins had established various missionary centers within Motilón territory. The missionary advance was accompanied by yet more intrusion by oil companies and landowners. The Motilones successfully resisted for a long period of time, but were eventually outflanked and displaced.

Today, the Motilon-Barí people's main economic activity is the growing of Theobroma cacao, the plant from which chocolate is made. They trade the cacao and use the proceeds to help maintain their network of schools, community centers and health clinics. In a census performed in 2011, the population of Motilón-Barí was close to 8,700 people: 64 percent in the North Santander department of Colombia and 32 percent in the Zulia state of Venezuela.



Motilon people. Roberto Lizarralde photo (1945).
<https://www.hermanoscapuchinos.org/actualidad/113/rescatamos-25-imagenes-de-roberto-lizarralde--comunidad-indigena-motilonos--venezuela>

REFERENCES

CASAS, J. E. 2023. The Risks of Early Oil Exploration in Venezuela. AAPG EXPLORER, January.
<https://explorer.aapg.org/story/articleid/64654/the-risks-of-early-oil-exploration-in-venezuela>



jcasas@geologist.com

Jhonny E. Casas es Ingeniero Geólogo graduado de la Universidad Central de Venezuela, y con una maestría en Sedimentología, obtenida en McMaster University, Canadá. Tiene 37 años de experiencia en geología de producción y exploración, modelos estratigráficos y secuenciales, caracterización de yacimientos y estudios integrados para diferentes cuencas en Canadá, Venezuela, Colombia, Bolivia, Ecuador and Perú.

Autor/Co-autor en 51 publicaciones para diferentes boletines y revistas técnicas, como: Bulletin of Canadian Petroleum Geology, Geophysics, The Leading Edge, Asociación Paleontológica Argentina, Paleontology, Journal of Petroleum Geology, Caribbean Journal of Earth Sciences and Journal of Geological Engineering; incluyendo presentaciones en eventos técnicos: AAPG, SPE, CSPG-SEPM y Congresos Geológicos en Venezuela y Colombia, así como artículos históricos de exploración en la revista AAPG Explorer.

Profesor de Geología del Petróleo en la Universidad Central de Venezuela (1996-2004). Profesor de materias de postgrado tales como: Estratigrafía Secuencial, Modelos de Facies y Análogos de afloramiento para la caracterización de yacimientos (2003-2024), en la misma universidad. Mentor en 11 tesis de maestría. Representante regional para la International Association of Sedimentologist (2020-2026) y ExDirector de Educación en la American Association of Petroleum Geologists (AAPG) para la región de Latinoamérica y del Caribe (2021-2023). Advisory Counselor para AAPG LACR (2023-2026).

DÉFICIT DE GAS EN MÉXICO V/S INDICADORES DE LA PRODUCCIÓN PETRÓLERA ONSHORE DE TEXAS, EE. UU.

Dr. Luis Fernando Camacho-Ortegón¹

Dr. Juan Josué Enciso-Cárdenas¹

Mc. Genaro de la Rosa-Rodríguez¹

Ing. Luis Fernando Camacho-Guerra²

¹ Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas, Universidad Autónoma de Coahuila, Nueva Rosita Coahuila. México.

² Centro de Investigación e Innovación Científica y Tecnológica, Universidad Autónoma de Coahuila, Saltillo Coahuila, México.

Email: luis_camacho@uadec.edu.mx

RESUMEN

De acuerdo con la Energy Information Administration (EIA, 2024), desde el año 1981 el estado de Texas, se mantiene en el ranking como el principal productor de petróleo y desde 1979 para la producción de gas natural de los Estados Unidos, tan solo para el año 2023 el estado de Texas promedio una producción diaria de 5.5 millones de barriles de petróleo crudo, representando 3.48 veces más de la producción de petróleo en México y 34,914 millones de pies cúbicos por día, equivalente a 7.14 veces más respecto a la producción de gas natural para el mismo año. Bajo este mismo contexto deficitario, del año 2018 al 2023, las exportaciones de gas natural del estado de Texas a México, se mantuvieron al alza con un 25% aproximadamente, indicando una demanda considerable para las actividades en el uso y aprovechamiento del gas natural en México. En este trabajo, se presenta un análisis de los indicadores de producción y exportaciones de hidrocarburos, contrastando capacidad productiva de México y el Estado de Texas, revelando un claro déficit y dependencia energética de México con Estados Unidos.

Palabras clave: Petróleo, gas, déficit, México

INTRODUCCION

En el año 2023 la producción de crudo en Estados Unidos EE.UU. alcanzó un record de 12.9 millones de barriles diarios (EIA, 2024), mientras que la producción en México alcanzó un promedio diario de 1.65 millones de barriles de crudo (CNIH, 2024). Tan solo para dimensionar la capacidad productiva de crudo en el Estado de Texas, el año 2023 alcanzó una producción promedio de 5.5 millones de barriles de crudo por día.

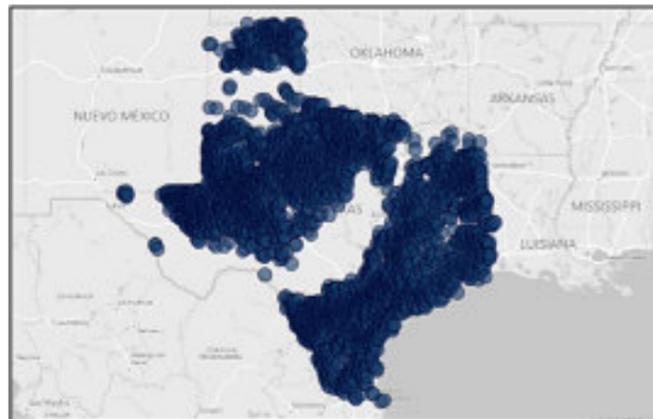
El deficitario mercado del gas y petróleo nacional en México, se ha visto seriamente afectado por la baja en la producción de gas y aceite en territorio nacional, ocasionado principalmente por la falta de localización, exploración, desarrollo y refinación de gas y aceite de las cuencas mexicanas, mientras que en los Estados Unidos de Norte América, el superávit, les ha permitido en la última década, posicionarse como el principal productor de gas y petrolíferos del mundo y exportar sus excedentes de combustible, principalmente gas natural, GNL y GLP a México, cubriendo con estas exportaciones nuestro déficit y aumentando gravemente nuestra dependencia de combustibles importados, que representan un alto riesgo para el país en términos de competitividad ya que estamos a merced del libre mercado de los hidrocarburos o mercado spot, donde la oferta y la demanda internacional, ponen al país en una balanza poco favorable.

La guerra en Europa, agrava aún más la situación, ya que los países en conflicto están desestabilizando la producción de gas y petróleo. Rusia, es un productor estratégico ya que suministra de gas natural a todos los países de Europa, mientras que Ucrania es otro actor importante ya que igualmente su cuenca del Donbás/ Cuenca de Donets, produce gas natural y carbón dirigido a los mercados de Asia y Europa y con la guerra las operaciones de su infraestructura de producción, vías de comunicación y gasoductos se ve afectada totalmente, al punto de no poder garantizar en el caso de la república de Ucrania, un suministro constante de combustibles a sus clientes potenciales, lo que pone a estos países consumidores en la misma situación de dependencia de

México con Texas. En el caso de Rusia, su industria petrolera se mantiene operativa al 100% pero el embargo internacional no le permite ya realizar operaciones financieras, ante esta medida el gobierno de la Federación Rusa inició la restricción de suministro de combustible a Europa, ocasionando una debacle del gas en el viejo continente.

Texas con una política de expansión y desarrollo, se preparó industrialmente desde hace más de 10 años, con refinerías para gas y condensado, donde licuan GNL, para exportarlo por medio de buques tanque a países más rentables que el nuestro, lo que pondrá a México en la lista de espera, ya que los países industrializados pagan el combustible a precios prohibitivos para el mercado mexicano. De ahí la necesidad de que se destraben las policías públicas que no permiten que se localice, exploren y desarrollen nuevos campos petroleros de gas y condensado en los estados de Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí y Veracruz, donde existen yacimientos de gas y aceite no convencional que aliviarían notablemente la dependencia de combustible que tenemos actualmente, siempre y cuando iniciemos a la brevedad, la exploración y desarrollo de campos no convencionales, utilizando las mejores prácticas de perforación horizontal y fracturamiento hidráulico (Fracking) de las rocas productoras de hidrocarburos no convencionales como las formaciones Eagle Ford, La Peña, La Virgen y La Casita localizadas en la Cuenca de Sabinas, NE de México.

La nación mexicana, tiene suficiente capacidad técnica y tecnológica para autoabastecerse de combustibles y será



necesario para ello, una visión de largo plazo, que aproveche al máximo el talento nacional, concentrando y transfiriendo a las nuevas generaciones, el conocimiento de experimentados ingenieros e investigadores mexicanos y adecuando tecnologías de frontera y sustentables, para atender con la mayor celeridad los retos de la industria petrolera del país.

INDICADORES EN TEXAS

Permisos de perforación de pozos

Del año 2018 al 2024, el Railroad Commission of Texas (RRC, 2024) otorgó 48,122 permisos de perforación de pozos, donde el condado de Midland ocupa el primer lugar en permisos seguido del condado de Martin y Reeves. En cuanto a las empresas operadoras, Pioneer Natural Resources, es la que más permisos obtuvo en este periodo seguido de la empresa EOG Resources y XTO Energy.

Pozos perforados

Las nuevas tecnologías en exploración de yacimientos no convencionales y la perforación direccional, así como la estimulación hidráulica (Fracking) de rocas no convencionales como la Formación Eagle Ford, han permitido que las cuencas petroleras de Texas, tengan en la última década un desarrollo extraordinario, poniendo solo al estado vecino muy por encima de países productores de petróleo como México o Venezuela. La aplicación de la tecnología de frontera y nuevas estrategias de perforación, han permitido que en un tiempo récord se hayan perforado solo en Texas 62,268 pozos entre el año 2018 y 2023 (Figura 1).

Figura 1.- Localización de 62,268 pozos perforados entre los años 2018-2023 en Texas. Los círculos azules muestran las zonas exploradas y desarrolladas por perforación y estimulación hidráulica. Imagen tomada de RRC 2024.

Los condados con mayor perforación de pozos por la actividad exploratoria y desarrollo de campos de producción, ubican al condado de Reeves en primer lugar seguido por el condado de Midland y Martin. En cuanto a las empresas operadoras, las que más perforaron en este lapso del 2018 al 2024, ubican a EOG Resources en el primer sitio, seguida por Pioneer Natural Res., y XTO Energy.

Producción de petróleo

Como resultado de la masificación de la exploración y producción de hidrocarburos no convencionales y convencionales en Texas, se puede observar el creciente superávit en la producción texana de petróleo, incluyendo condensados. Un dato importante se observa entre los años 2018 al 2023, donde alcanzaron una producción de 8'847.540.526 bbl (tabla 1), permitiendo a las empresas petroleras norteamericanas, generar el suficiente capital, que les permite mantener su industria en constante desarrollo.

| Año | bbl |
|------|---------------|
| 2018 | 1.363.142.408 |
| 2019 | 1.559.680.049 |
| 2020 | 1.476.745.480 |
| 2021 | 1.462.876.156 |
| 2022 | 1.554.564.183 |
| 2023 | 1.430.532.250 |

Tabla 1.- Producción acumulada de petróleo en el estado de Texas del año 2018 al 2023. Información tomada de la RRC 2024.

Producción de gas

La producción de gas natural en el estado de Texas alcanzó un récord de 39'038.918.067 mcf, del año 2018 al 2023

(tabla 2). Gracias a que esta producción en Texas está en superávit nuestro país puede abastecerse con los excedentes de gas que la unión americana no consume en el corto plazo.

| Año | mcf |
|------|---------------|
| 2018 | 5'888.016.534 |
| 2019 | 6'569.422.893 |
| 2020 | 6'408.869.728 |
| 2021 | 6'648.066.921 |
| 2022 | 7'021.107.679 |
| 2023 | 6'503.434.312 |

Tabla 2.- Producción acumulada de gas en el estado de Texas del año 2018 al 2023. Información tomada de la RRC 2024.

INDICADORES EN MÉXICO

Importaciones y precio del gas de Texas

La dependencia de gas natural del país, se ve reflejada en los indicadores de importación de gas desde los Estados Unidos de Norteamérica a México, por medio de ductos transnacionales. Esta dependencia se ha visto seriamente incrementada, si observamos como en el periodo de enero-mayo del año 2009 las importaciones de gas oscilaban en 853 MMcf/d y para el mismo periodo del año 2021 las importaciones fueron del orden de 5,847 MMcf/d (figura 2).

De acuerdo a los datos de la EIA (2024), las exportaciones de gas natural y licuado a México, anualmente presentaron un incremento notable, que solo confirma y refleja la dependencia total al gas importado, provocada por el déficit de producción nacional y esto aunado al crecimiento del país, aunque muy bajo, igual significativo



Figura 2.- Importaciones de gas natural estadounidense, indicadores anuales durante el primer trimestre de cada año desde 2009. Modificado de Amador, 2022.

en términos reales al ver los números que reflejan estas estadísticas mostradas en la tabla 3.

Otro dato relevante mostrado en la tabla 3, es la fuga de capital que representa la importación de gas. Si consideramos los casi doce mil millones de dólares que salen del país para pagar el gas natural de importación, más los miles de millones de dólares que representan el gas licuado. Es claro que estos recursos económicos se podrían utilizar en México para incrementar las actividades exploratorias e incentivar el desarrollo del país, dando certeza a los inversionistas, que México, cuenta con el potencial de gas para satisfacer la demanda nacional sin la necesidad de importar este recurso desde el país vecino.

Estos indicadores, dejan notar que para el año 2022, los precios del gas seguirán fluctuando al alza, motivados por la demanda de gas de exportación hacia Europa y Asia, donde la guerra entre Rusia y Ucrania, ha provocado la disminución de la producción en los países en conflicto y estos a su vez han disminuido las exportaciones. Por ello el precio para el gas natural en el mercado spot (EIA), cotiza en marzo en 4.9 USD por millón de BTU, y para agosto del 2022 el precio casi se duplico llegando a los 8.80 USD por millón de BTU. El precio del NGPL se mantiene estable entre 12.62 y 12.48 por millón de BTU, sin descartar un aumento del precio en cuanto inicie el invierno.

En cuanto al comportamiento del gas licuado de importación. El déficit del país, ha provocado que no se

| Año | U.S. Natural Gas Pipeline Exports to Mexico (mcf) | Price of U.S. Natural Gas Pipeline Exports to Mexico (Dollars per Thousand Cubic Feet) | Valor de mercado del gas de exportación en \$ USD |
|------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2018 | 1'688.519.000 | \$3.30 | \$5'572,112,700.00 |
| 2019 | 1'865.329.000 | \$2.57 | \$4'793,895,530.00 |
| 2020 | 1'990.809.000 | \$2.12 | \$4'220,515,080.00 |
| 2021 | 2'154.457.000 | \$5.41 | \$11'655,612,370.00 |
| 2022 | 2'078.627.000 | \$6.26 | \$13'012.205.020.00 |
| 2023 | 2'241.553.000 | \$2.49 | \$5'581.466.970.00 |

Tabla 3.- Datos de exportación de gas natural a México entre los años 2018-2023. Información tomada de la RRC 2024.

pueda desarrollar una red de gasoductos doméstico e industriales de gas natural a lo largo y ancho del país, por tanto, la única manera de hacer llegar el combustible a los millones de hogares mexicanos, es por medio de cilindros de GLP. Esto obliga a importar por medio de tanques y transportar el combustible por carretera al interior del país en volúmenes que a la fecha decremantan la competitividad del país y esto se observa en el comportamiento de las importaciones y en el alza del precio del gas de importación (tabla 4). La disminución de las exportaciones del LNG, que se observa entre los años 2020 y 21, solo son espaciotemporales, ya que estos se

deben al cierre de la frontera provocados por la pandemia del COVID-19.

CONCLUSIONES

Del año 2009 al 2021 respecto al mercado de gas, México incrementó su dependencia energética hacia EE.UU., aumentando 6.93 veces sus importaciones, mostrando con esto una débil política en materia energética, repercutida por una estrategia de escasa inversión en infraestructura y tecnología para el aprovechamiento de este recurso en México.

| Año | U.S. Liquefied Natural Gas Exports to Mexico (mcf) | Price of U.S. Liquefied Natural Gas Exports to Mexico (Dollars per Thousand Cubic Feet) | Valor de mercado del gas de exportación en \$ USD |
|------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| 2018 | 182.246.000 | \$4.70 | \$856,556.200.00 |
| 2019 | 143.371.000 | \$4.53 | \$649,470.630.00 |
| 2020 | 34.408.000 | \$5.02 | \$172,728.160.00 |
| 2021 | 15.200.000 | \$6.08 | \$92,416.000.00 |
| 2022 | 3.832.000 | \$13.43 | \$51,463.760.00 |
| 2023 | 13.661.000 | \$8.61 | \$117,621.210.00 |

Tabla 4.- Volumen y variación de precios en USD de gas natural licuado, exportado a México entre 2018-2023. EIA 2024.

En contexto, tan solo para el año 2021, la demanda de gas en México, representó el 32% de la producción total anual de gas reportada por el RRC (2024) en el estado de Texas. Mientras que la producción de petróleo crudo únicamente del estado de Texas, representó para el 2023, 2.47 veces más que la producción diaria promedio de México, es decir; en todo México se produce el 40.4% de la capacidad productiva del vecino Estado de Texas.

Realizando un análisis financiero, para el mercado de gas natural, la dependencia energética de este recurso del 2018 al 2023, representó para México, pagos por importación del orden de los \$44,835,807,670.00 USD. Mientras que para el GNL \$1,940,255,960 USD.

Como podrá México revertir el estado actual de la industria petrolera nacional, sin lugar a dudas, primero simplificando como en el vecino país, toda la tramitología entre las dependencias involucradas en la industria petrolera. Segundo, aumentando sustancialmente la exploración de yacimientos, y, por último, construyendo el plan nacional de la industria del petróleo mexicano, que incluya ciencia, tecnología e innovación y la construcción de grupos de nuevos tecnólogos con capacidades y habilidades extraordinarias, para atender los retos nacionales en esta materia, como lo hecho en México después de la expropiación petrolera.

ACRONIMOS

| | |
|----------|---------------------------------------------------|
| bbl | Barriles de petróleo (42 galones estadounidenses) |
| BTU | British thermal unit «unidad térmica británica» |
| EIA | U.S. Energy Information Administration |
| Fracking | Estimulación hidráulica |
| LNG | Gas natural licuado |
| GLP | Gas licuado del petróleo |
| mcf | Miles de pies cúbicos |
| MMcf/d | Millones de pies cúbicos por día |
| NGPL | Gas natural y propano licuado |
| RRC | Railroad Commission of Texas |
| EE. UU | Estados Unidos de Norteamérica |
| USD | Dólar estadounidense |

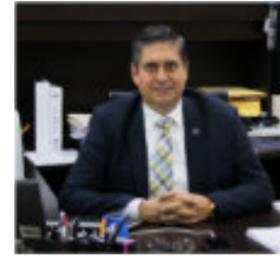
REFERENCIAS

Amador, O. (2022). Importación de gas natural de Estados Unidos baja por primera vez en los últimos 12 años. El Economista. <https://www.economista.com.mx/empresas/Toma-respiro-produccion-nacional-de-gas-y-baja-importacion-desde-EU-20220804-0012.html>

CNIH (2024). Comisión Nacional de Información de Hidrocarburos (27 de marzo de 2024). <https://produccion.hidrocarburos.gob.mx/>

EIA (2024). NATURAL GAS, Current Issues & Trends. Natural Gas Spot and Futures Prices (NYMEX). Energy Information Administration (27 de marzo de 2024). https://www.eia.gov/dnav/ng/ng_pri_fut_s1_m.htm

RRC (2024). Oil & Gas Data Visualization. Railroad Commission of Texas Wayne Christian (Chairman); Christi Craddick (Commissioner); Jim Wright (Commissioner). (27 de marzo de 2024). <https://www.rrc.texas.gov/resource-center/data-visualization/oil-gas-data-visualization/>



El **Dr. Luis Fernando Camacho Ortégón**, nació en México D.F., el 11 de junio de 1972. En 1995 se graduó como Ingeniero de Minas y Metalurgista en la Escuela de Minería y Metalurgia de la Universidad Autónoma de Coahuila. En el año 2009 obtuvo el grado de Doctor en Geociencias por la UNIVERSIDAD HENRI POINCARÉ, en Nancy, Francia. Adicionalmente, llevo a cabo una investigación postdoctoral entre 2010 y 2011 en la Universidad de Nancy, Francia. Entre 1995 al 2001, trabajo en la industria minera de Coahuila, Zacatecas, SLP y Chihuahua. Desde el año 2002 es catedrático de la Universidad Autónoma de Coahuila. El Dr. Camacho pertenece al Sistema Nacional de Investigadores del CONAHCyT y miembro honorario del Sistema Estatal de Investigadores del COECyT de Coahuila. Es Investigador Titular de Tiempo Completo con perfil PRODEP y miembro titular del CAEC UACOH-CA-111 Geociencias.

El Dr. Camacho es especialista en geoquímica orgánica e inorgánica con especial énfasis en cuencas carboníferas y de hidrocarburos no convencionales. Lleva a cabo investigación y colabora notablemente a nivel nacional e internacional con todos los sectores. Es Académico Titular de la Academia de Ingeniería México en la Comisión de Especialidad de Minería y Metalurgia y miembro asociado de las prestigiadas asociaciones AAPG, AMGP y AIMMGM. Ha dirigido tesis de licenciatura, maestría y doctorado tanto en México como en el extranjero. Su investigación reporta publicaciones en revistas de prestigio y trabajos en congresos nacionales e internacionales. Dentro de su participación como responsable técnico en proyectos, ha desarrollado continuamente desde el año 2012 más de 32 proyectos concursables y financiados por instituciones públicas e iniciativa privada.

Por su trayectoria, fue galardonado con el Premio Nacional de Educación 2023 de la AIMMGM y la Medalla Miguel Ramos Arizpe de la UAdeC y actualmente ocupa la Copresidencia honoraria del Binational Sub-Committee of the Eagle Ford Texas Consortium. Desde el año 2018. Fue Comisionado titular dentro del Comité Nacional de Evaluación (CEVAL-CONACyT) del Fondo SENER- Sustentabilidad. Fue director de la Escuela Superior de Ingeniería de la UAdeC del 2011 a mayo del 2017. Actualmente, ocupa, desde el año 2017, el cargo de director general del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la UAdeC en Cd. Nueva Rosita, Coahuila, México.



El **Dr. Juan Josué Enciso Cárdenas**, es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la UAdeC y es miembro distinguido del SNI CONAHCYT. Su especialidad en geoquímica orgánica, le permite enfocar su línea de investigación al estudio, caracterización y evaluación de yacimientos de hidrocarburos no convencionales para su desarrollo y aprovechamiento en México. jenciso@uadec.edu.mx



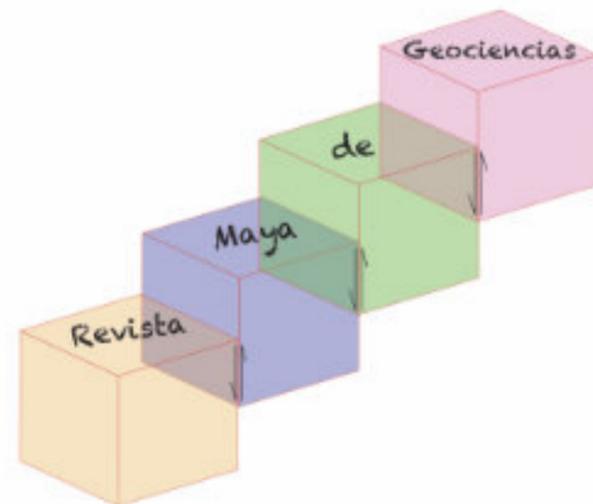
El **M.C. Genaro de la Rosa Rodríguez**, es Profesor Investigador de Tiempo Completo del Centro de Investigación en Geociencias Aplicadas de la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC). Es Ingeniero en Recursos Minerales y Energéticos, cuenta con Maestría en geología de yacimientos de hidrocarburos no convencionales por la UAdeC. 6 años de experiencia como geólogo en el Servicio Geológico Mexicano (SGM) en el proyecto Gas Asociado al Carbón y rocas generadoras de hidrocarburos en México. Es miembro distinguido como Investigador Estatal Junior ante el Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (COECYT) de Coahuila. Su especialidad es la petrografía orgánica y está acreditado en carbón, mezclas de carbón y materia orgánica dispersa ante el International Committee for Coal and Organic Petrology (ICCP). genaro_rodriguez@uadec.edu.mx



El **ing. Luis Fernando Camacho-Guerra** realizó sus estudios superiores en México y Francia, es Ingeniero geólogo (2021) por la Universidad Autónoma de Zacatecas, donde se tituló por excelencia académica y actualmente cursa el tercer semestre de la Maestría en Ciencias de la Educación en la Universidad Autónoma de Coahuila (UAdeC).

Actualmente, asiste en la gestoría de proyectos y difusión a investigadores y directivos del Centro de Investigación e Innovación Científica y Tecnológica (CIICyT) de la UAdeC. Ha sido co-autor y colaborador en tres artículos científicos en revistas indexadas, un artículo en revista mexicana, un capítulo de libro y en cinco proyectos de investigación con proyección nacional.

Es miembro junior del Sistema Estatal de Investigadores de Coahuila (SEIC) del Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología (2023) y de la Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México (2021).



No dejes de intentar hacer algo que realmente quieres. Donde hay amor e inspiración no creo que te puedas equivocar.

Ella Fitzgerald

LITOESTRATIGRAFÍA, BIOESTRATIGRAFÍA, CRONOESTRATIGRAFÍA

Horacio Parent

Laboratorio de Paleontología & Biocronología, IFG, FCEIA, Universidad Nacional de Rosario, Pellegrini 250, 2000 Rosario, Argentina. Email: parent@fceia.unr.edu.ar

Resumen. Entre los numerosos sistemas de clasificación estratigráfica se destacan como fundamentales la litoestratigrafía (tipos de roca, litología), la bioestratigrafía (contenido fósil), y la cronoestratigrafía (edad estratigráfica de las rocas). Cada sistema de clasificación incluye una nomenclatura específica constituida por unidades organizadas. Esta independencia surge naturalmente de las características de las sucesiones de roca que se consideran en cada clasificación. Estas diferencias imponen la necesidad de especificar el tipo de correlación que se establece cuando se comparan sucesiones estratigráficas. Las diferencias entre biozona (unidad bioestratigráfica) y zona cronoestratigráfica son simples y esenciales, aunque a veces son confundidas ó utilizadas indistintamente. La unidad bioestratigráfica bio-horizonte es el vínculo entre bioestratigrafía y cronoestratigrafía, es la unidad que permite establecer una secuencia temporal de rocas a partir de la secuencia de fósiles contenida en ellas.

Palabras clave: estratigrafía – clasificación – nomenclatura – secuencias de fósiles – secuencias de tiempo – correlaciones – escalas estandarizadas.

INTRODUCCIÓN

La estratigrafía consiste en el estudio de las rocas estratificadas, y para ello el primer paso es la descripción y clasificación. Como para todos los sistemas naturales, pueden elaborarse diversas clasificaciones y nomenclaturas. Y así es que existen varios sistemas de clasificación que han ido elaborándose a lo largo de los mas de 300 años de historia de estudios con algún interés en aspectos del significado y de la edad de las rocas. Estos estudios fueron sistematizándose gradualmente.

Steno (1669) formuló las primeras leyes de la estratigrafía y reconoció la verdadera naturaleza de los fósiles como restos de animales vivientes en épocas pasadas. Un hito fundamental fue el enunciado, por parte de Steno, del principio de superposición, a partir del cual se establecieron las bases para el estudio de las rocas en términos temporales. Otro temprano y crucial avance se produjo a partir de los estudios de Lavoisier (1789), quien

estableció el principio fundamental de las solapaciones transgresivas y regresivas (véase revisión de Carozzi 1965).

Existen importantes diferencias entre los diferentes sistemas de clasificación estratigráfica, las cuales pueden aprovecharse muy fructíferamente para estudios paleontológicos, estratigráficos, y de geología histórica, entre otros. Sin embargo, aún cuando disponemos de un código estratigráfico internacional (Salvador 1994) y otros varios locales, prácticamente uno por cada país, no hay consenso general acerca de grandes aspectos de la clasificación y de la nomenclatura, especialmente en bioestratigrafía y cronoestratigrafía.

En esta nota ofrecemos una síntesis de los sistemas más importantes de clasificación estratigráfica y su nomenclatura, la triada fundamental: litoestratigrafía, bioestratigrafía, y cronoestratigrafía. Nos ocuparemos con interés especial en algunos aspectos específicos de la cronoestratigrafía que generalmente no son considerados.

CLASIFICACIÓN ESTRATIGRÁFICA

Los tres sistemas de clasificación estratigráfica más importantes se basan sobre diferentes características de las rocas (Fig. 1):

(1) Litoestratigrafía: se consideran las características litológicas de los cuerpos de roca

(2) Bioestratigrafía: se considera el contenido fósil de las rocas

(3) Cronoestratigrafía: se considera la edad de las rocas. La edad estratigráfica consiste en intervalos de tiempo representados por intervalos de roca. Estos intervalos se definen como unidades (ver abajo) con nombres específicos (e.g., Cenozoico, Cretácico Superior, Zona Proximus), representando intervalos de tiempo de duración variable y en principio desconocida. Estos intervalos pueden datarse numéricamente mediante distintos métodos que proveen aproximaciones, en general poco útiles.

La definición de las unidades de cada clasificación estratigráfica es independiente de las demás. Sin embargo, la cronoestratigrafía puede derivarse de características bioestratigráficas de las sucesiones, lo cual se discute abajo.

Los tres sistemas están basados sobre diferentes características en su clasificación y método, por lo cual las correlaciones deben especificarse como correlación litoestratigráfica, correlación bioestratigráfica, y correlación cronoestratigráfica o temporal, según las características consideradas para la comparación.

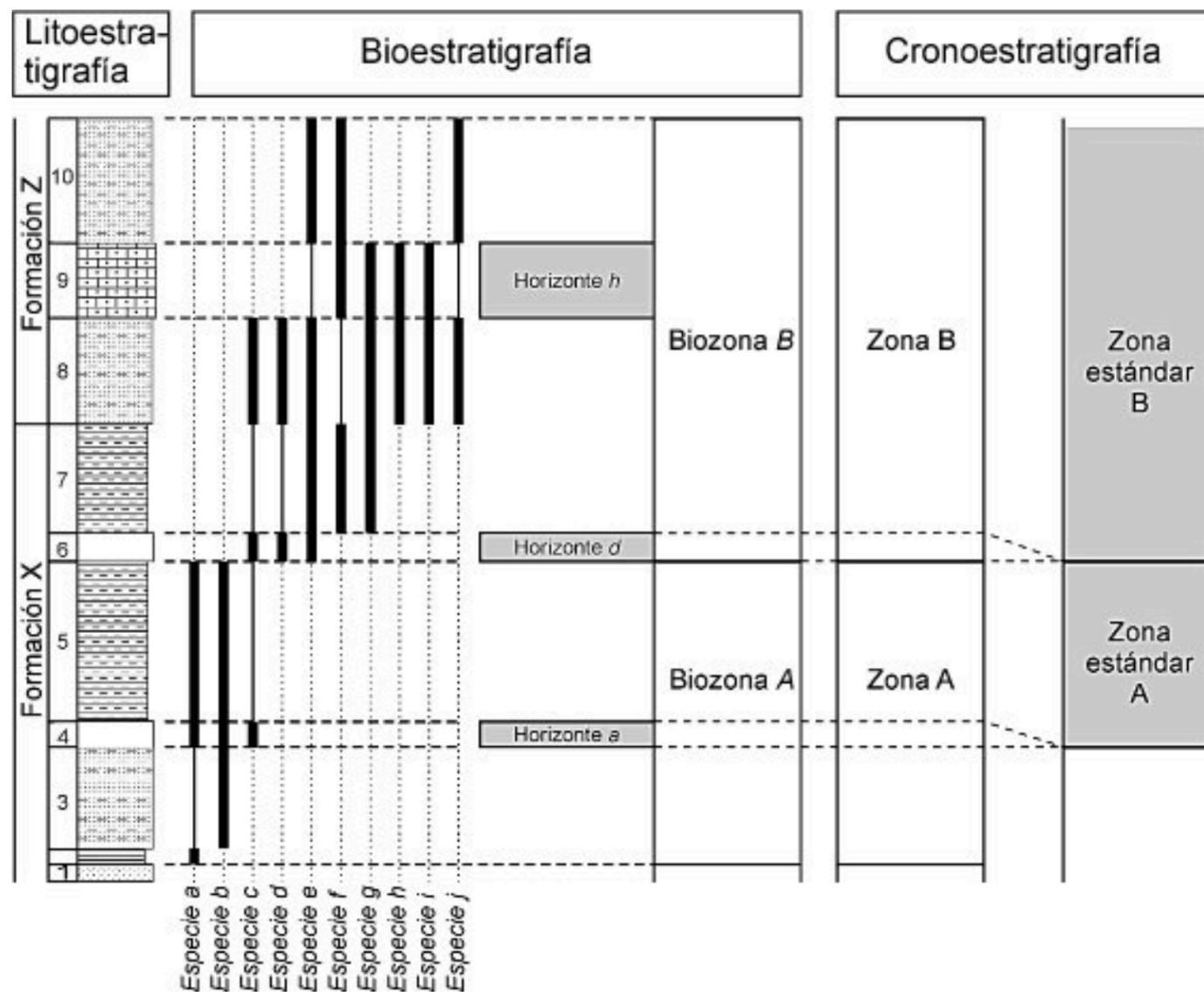


Figura 1. Esquema conceptual de la construcción de una escala cronoestratigráfica por medio de la definición de zonas a partir de la translación de la distribución bioestratigráfica de la secuencia de fósiles en secuencias de roca-tiempo. Como ejemplo, el Horizonte *a* es nombrado a partir de la *especie a* elegida como índice, y es caracterizado (y puede ser reconocido en otras secciones) por la co-ocurrencia de las *especies a, b y c*. La Biozona A es definida por el intervalo de ocurrencia de la *especie a*, accesoriamente podría reconocerse por la ocurrencia de las *especies b, c*, alguna de sus combinaciones. La Zona A, conjugada de la Biozona A, corresponde al intervalo de tiempo representado por la sucesión de rocas de los niveles 2-4. La Zona Estándar A es definida por su base, la cual consiste en el plano de tiempo representado por el *Horizonte a*. Nótese que el límite entre las Formaciones X y Z no coincide con los límites de las unidades bio- y cronoestratigráficas.

NOMENCLATURA

Cada sistema de clasificación estratigráfica se organiza con una nomenclatura específica, consistente en unidades y subunidades organizadas jerárquicamente. Cada unidad debe definirse en una sección tipo.

(1) Unidades litoestratigráficas, definidas como cuerpos de roca con una litología determinada (independientemente de su edad o contenido fósil):

- estrato
- formación (puede subdividirse en miembros)
- grupo
- supergrupo

(2) Unidades bioestratigráficas, definidas como cuerpos de roca caracterizados por su contenido fósil (independientemente de su edad y litología):

- horizonte fáunico ó bio-horizonte
- sub-biozona
- biozona. Estrato o estratos conteniendo un determinado número de especies fósiles. Se han propuesto numerosos tipos de biozona (e.g. Código Argentino de Estratigrafía 1992: 30), sin embargo nunca queda claro como estas diferentes "biozonas" se relacionan con las respectivas eventuales subzonas. Por otra parte, todos estos tipos de "biozonas" dependen de variables condiciones de muestreo y reconocimiento, por lo tanto aquí no se recomienda su utilización en forma tácita.

(2) Unidades cronoestratigráficas, definidas como cuerpos de roca delimitados por planos de tiempo y caracterizadas por su edad, independientemente de su litología:

- zona cronoestratigráfica, ó mas simplemente y sin ambigüedad: zona
- subzona
- piso
- serie
- sistema

Las biozonas y bio-horizontes se nombran con la segunda parte del nombre binomial de la especie elegida como índice, con tipografía cursiva (itálica). Las biozonas con la primera letra mayúscula, mientras que los bio-horizontes con todo su nombre en letras minúsculas (e.g. Callomon 1985). Las zonas cronoestratigráficas son nombradas con la segunda parte del nombre binomial de la especie índice, escrita con la primera letra mayúscula y tipografía en recto. Esta nomenclatura es la única utilizada históricamente, sin excepciones, para las unidades cronoestratigráficas de jerarquía superior (e.g. Era Paleozoico, Período Cretácico, Estado/Piso Sinemuriano). Generalmente las zonas tienen el mismo nombre que su biozona conjugada, de manera que el uso de tipografía recta permite una clara diferenciación entre estas unidades estratigráficas de distinta naturaleza.

Es importante insistir en que las zonas y biozonas son unidades estratigráficas, no zoológicas, por lo que no se requiere el uso del nombre completo de la especie índice. Además, el uso del nombre completo produce inestabilidad nomenclatural, dado que es frecuente que las especies sean reasignadas genéricamente.

En las clasificaciones cronoestratigráficas basadas sobre fósiles (cronoestratigrafía bioestratigráfica) las unidades son caracterizadas por su contenido fósil. Es importante notar que los límites superior e inferior de cada unidad consisten en planos de tiempo que no son reconocibles en

el terreno, sino inferidos ó estimados a partir de los fósiles ocurrentes. Sin embargo estos planos de tiempo pueden ser definidos, y luego reconocidos, a partir de bio-horizontes. Si las unidades son definidas sólo por su base, como un bio-horizonte, se establece una secuencia estandarizada que es el estado más avanzado de una clasificación estratigráfica.

Estas escalas cronoestratigráficas estándar no presentan lagunas (intervalos sin asignación) ni solapaciones o superposiciones de unidades.

Cuando la edad estratigráfica es estimada a partir del contenido fósil, la relación entre bio- y cronoestratigrafía es crucial. La utilidad de las clasificaciones cronoestratigráficas radica en que permiten elaborar esquemas de ordenamiento temporal de sucesos biológicos y geológicos locales y luego la correlación temporal de estas sucesiones locales con las de otras regiones de la Tierra, es decir, reconstruir la historia geológica. Estas unidades cronoestratigráficas son las unidades de medida de una escala, tal como el metro en la escala de longitud. La diferencia con las del tipo de esta última radica en que cada unidad posee un nombre, y no es un intervalo de una escala numérica. Estas unidades son presentadas como subdivisiones cuya duración temporal numérica no es considerada.

Especie índice y especies guía. Estos dos conceptos son independientes y fueron claramente diferenciados por Opper (1858) al introducir el concepto de zona (cronoestratigráficas desde su concepción, ver Callomon 1995, Page 2017, Mönnig 2017); sin embargo, son frecuentemente confundidos o utilizados indiferentemente.

La especie índice cumple, en principio, la única función de proveer un nombre, tomándose la segunda parte de su nombre específico binomial, para etiquetar o nombrar la zona (o biozona) en la cual al menos debe ocurrir.

Las especies guía, o conjunto característico, son aquellas que se utilizan para caracterizar las zonas (o biozonas); la especie guía puede formar parte. Mediante los fósiles guía se reconocen las zonas en otras localidades fuera de la localidad de la sección tipo, siendo este reconocimiento la base del procedimiento de correlación cronoestratigráfica con base bioestratigráfica. Los fósiles guía ideales son aquellos con las siguientes características:

- (1) su morfología (fenotipo) cambia rápidamente durante su evolución,
- (2) amplia distribución geográfica,
- (3) abundantes en rocas de distintas facies,
- (4) no requieren técnicas muy laboriosas ó especiales de preparación y de estudio, y
- (5) fácilmente identificables por inspección visual.

Los amonites, como fósiles de animales que fueron abundantes en todos los mares y océanos paleozoicos y mesozoicos, con conchas de tamaño medio fácilmente manipulable, de variadas morfología y ornamentación, que se han preservado muy convenientemente y distribuido muy ampliamente, se acercan sorprendentemente al ideal. De todas maneras limitaciones existen, especialmente con respecto a su distribución paleogeográfica. En numerosos intervalos de la historia evolutiva de los Ammonoidea se han producido distribuciones claramente segmentadas en franjas aproximadamente latitudinales (Arkell 1956, Dommergues & Marchand 1988, Cecca 1999). Esta distribución latitudinal ha producido la segregación en variados dominios australes, tethysianos, y boreales que imponen el desarrollo de escalas locales para su posterior correlación temporal con la escala estándar primaria internacional (Callomon 1995, 2001, Schweigert 2015).

**ESCALAS CRONOESTRATIGRÁFICAS DERIVADAS DE LA BIOESTRATIGRAFÍA:
CRONOESTRATIGRAFÍA BIOESTRATIGRÁFICA**

Entre las diferentes componentes del registro estratigráfico disponibles para establecer escalas cronoestratigráficas, se destaca, por su nivel de resolución y precisión, el registro fósil. Toda secuencia de fósiles tiene una secuencia temporal conjugada (Fig. 1). Es decir, que estas sucesiones de distinta naturaleza pueden relacionarse biunívocamente por medio del establecimiento de la sucesión de fósiles cuyas diferencias fueron modeladas por la evolución orgánica de cada una de las especies. Una vez establecida la sucesión de asociaciones de fósiles pueden utilizarse para definir escalas de tiempo estratigráfico o cronoestratigráficas. Estas últimas permiten datar otros terrenos por correlación temporal basada sobre la semejanza de las sucesiones fosilíferas locales con aquella de la localidad tipo de la unidad cronoestratigráfica.

Las estimaciones isotópicas/radiométricas de edades numéricas son muy imprecisas con respecto a la precisión y resolución de las cronoestratigráficas basadas en amonites (Holland 1989, Callomon 1995, Torrens 2002, Page 2017). Por otra parte estas dataciones numéricas son difícilmente secuenciables por depender de condiciones excepcionales de muestreo, lo cual impide la obtención de secuencias de dataciones con densidad comparable a las basadas sobre fósiles. Estas limitaciones hacen que las dataciones numéricas sean prácticamente inútiles para correlación temporal ya que son muy imprecisas y por otra parte difícilmente puedan compararse con dataciones semejantes, si existen, de los estratos tipo que definen las unidades de la escala cronoestratigráfica estándar internacional.

En conclusión, el proceso para la obtención de una clasificación cronoestratigráfica consiste en la translación de las secuencias de fósiles en sus secuencias de tiempo conjugadas representadas por intervalos de rocas con fósiles determinados. Para realizar esta translación, y así subdividir el intervalo de tiempo considerado/comprendido en sub-intervalos (unidades cronoestratigráficas), deben designarse ciertos caracteres bioestratigráficos como marcadores de instantes geológicos –planos de tiempo– que definen los límites entre las unidades cronoestratigráficas. Los marcadores bioestratigráficos más estables y precisos son, sin dudas, los bio-horizontes, el vínculo observable y comparable entre bio- y cronoestratigrafía.

Marcadores bioestratigráficos. La base de la cronoestratigrafía bioestratigráfica es la definición de marcadores adecuados del registro fósil, que puedan considerarse planos de tiempo en la práctica. Es de suma importancia indicar el tipo de marcador bioestratigráfico que se considera en toda definición de unidades cronoestratigráficas. Los caracteres bioestratigráficos que se utilizan frecuentemente como marcadores temporales para establecer planos de tiempo son dos tipos de registro de la ocurrencia de fósiles:

(1) *puntuales*: primera y/o última ocurrencia de una especie/fósil. Estos marcadores son de carácter puramente local y consecuentemente muy imprecisos para practicar correlación temporal especialmente por su inherente inestabilidad. Las primeras y últimas ocurrencias, que en algunos casos son interpretadas como origen y extinción, son controladas por factores locales como escalas migratorias, condiciones ambientales in vivo, condiciones tafonómicas, y/o contingencias de muestreo, entre otras (Fig. 2). Las ocurrencias puntuales de los morfotipos de cualquier especie dependen no solamente de la edad de los estratos muestreados, sino también del tamaño de las muestras (Garrido & Parent 2013, Parent et al. 2015; cf. Dzik 1985). Cuando se consideran muestras de diferentes localidades o correspondientes a distintas cuencas sedimentarias, las diferencias pueden llegar a ser notables.

(2) *asociación o conjunto*: cuando se considera un conjunto de especies con rango concurrente, se establece un horizonte ó bio-horizonte. Un bio-horizonte es un estrato o serie de estratos, caracterizado por un conjunto especificado de fósiles (asociación guía o característica), intervalo en el cual éstos últimos no presentan cambios (evolutivos) de su morfología y por lo tanto no habilitan subdivisión. Estos conjuntos de fósiles pueden distinguirse, como asociación, de cualquier otro sub-suprayacente.

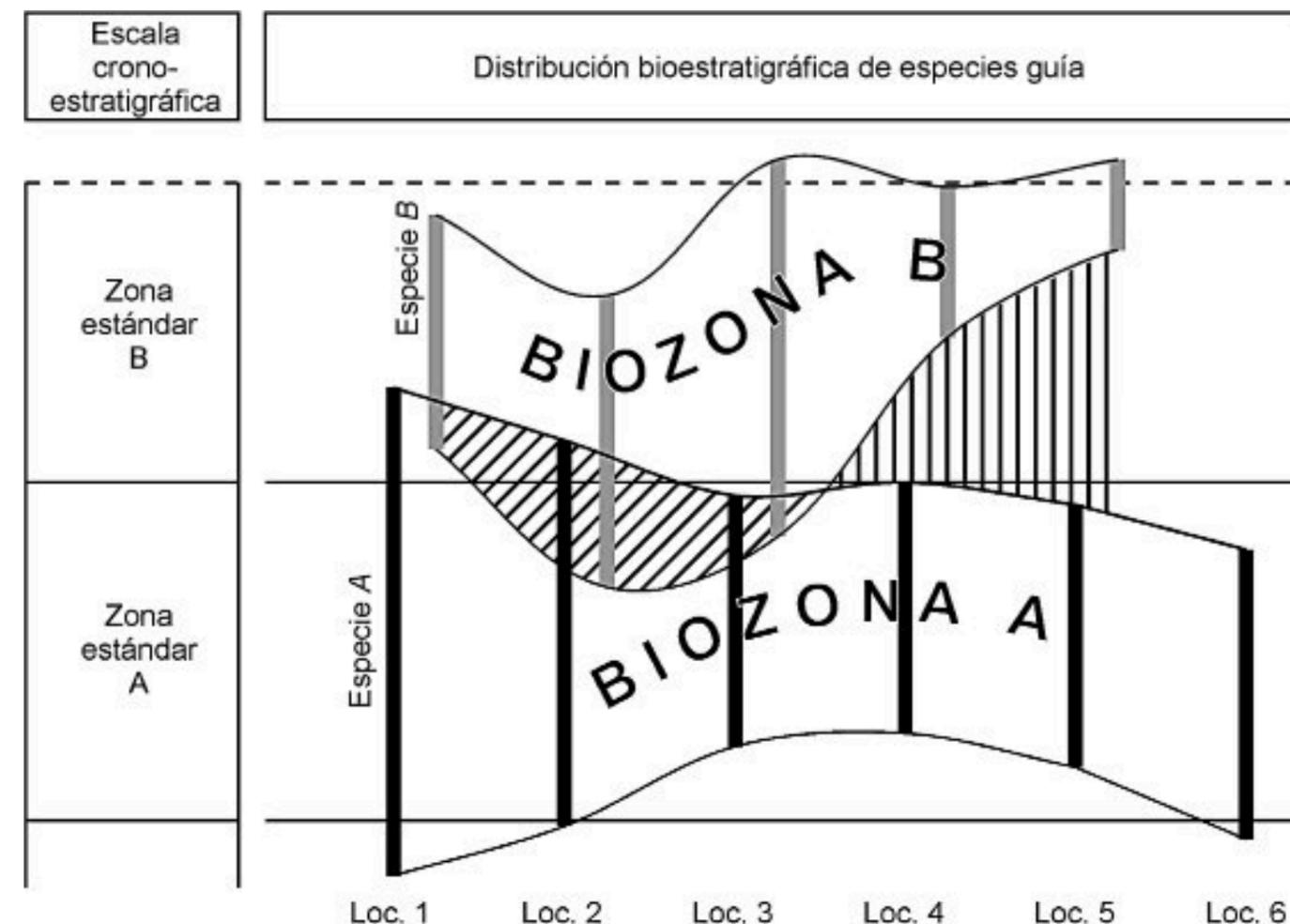


Figura 2. Relaciones entre zonas cronoestratigráficas y biozonas. Distribución bioestratigráfica de las especies guía A y B en secciones de distintas localidades (Locs. 1-6) datadas por una escala cronoestratigráfica parcialmente estandarizada. Los intervalos individuales de ocurrencia de las especies A y B en las diferentes localidades son diferentes por razones de muestreo, interpretación taxonómica, tafonomía, condiciones locales de los biotopos in-vivo, entre otras. El registro de estas ocurrencias puntuales determinan las biozonas locales, y en conjunto la cambiante biozona de cada especie en la región. Las biozonas típicamente presentan áreas donde se solapan (Locs. 1-3) y otras donde existen intervalos sin registro concurrente (Locs. 4-6). Estas dos situaciones, que son las más frecuentes, son las fuentes principales de errores y/o imprecisiones en las correlaciones temporales basadas sobre biozonas, especialmente aquellas denominadas o basadas en primera y última ocurrencia de la especie guía. Las biozonas tienen límites verticales y horizontales (geográficos), son cuerpos de roca delimitados por el intervalo de ocurrencia de los fósiles, ya que éstos tienen límites en sus distribuciones geográfica y de registro vertical. Las zonas no tienen límites laterales ya que son planos de tiempo. Sin embargo su reconocimiento se dificulta por la naturalmente restringida distribución biogeográfica de las especies que la caracterizan en la localidad tipo. Esta dificultad se resuelve estableciendo escalas zonales (cronoestratigráficas) regionales y correlacionándolas temporalmente mediante fósiles que se registran en común en las regiones comparadas.

El bio-horizonte es una unidad bioestratigráfica que representa el menor intervalo de tiempo que puede discriminarse, y posteriormente reconocerse, en estratigrafía mediante fósiles, y por lo tanto la mejor aproximación a un plano de tiempo. Esta propiedad hace que los bio-horizontes sean los marcadores más apropiados para delimitar zonas cronoestratigráficas a partir de las secuencias de fósiles y sus biozonas, i.e., transformar las secuencias de fósiles en secuencias temporales para construir escalas de tiempo en términos estratigráficos. Esta unidad bioestratigráfica es el vínculo empírico directo entre cronoestratigrafía y bioestratigrafía.

Los bio-horizontes podrían considerarse biozonas, las más restringidas de todas las variantes, aquellas de "intervalo de concurrencia de conjunto" (discusión en Parent 2006). Estos marcadores son mucho más precisos y robustos por estar típicamente basados sobre un intervalo estratigráfico determinado por la co-ocurrencia de varios fósiles (véase Gabilly 1971, Callomon 1985, 1995, Garrido & Parent 2013 y referencias en estos artículos). La probabilidad de que una determinada asociación de los morfotipos de especies representadas en un bio-horizonte se repita en distintos momentos, en otras posiciones dentro de la secuencia estratigráfica, es virtualmente nula.

EJEMPLO DE CLASIFICACIÓN LITO-BIO-CRONOESTRATIGRÁFICA

Ofrecemos un ejemplo para ilustrar los conceptos discutidos, la nomenclatura, y su interpretación y aplicación. Este ejemplo está basado sobre los estudios originales de Krantz (1926), Weaver (1931), Leanza (1981), y los del presente autor junto a sus colaboradores (Parent et al. 2007, 2015, 2017, Parent & Garrido 2021), sobre el Tithoniano-Berriasiano de la cuenca Neuquina ó Neuquén-Mendoza.

Consideremos la secuencia de rocas que en la Cuenca Neuquina contiene abundantes amonites entre los que se destaca la especie *Windhausenicerias internispinosum* (Krantz, 1926). De acuerdo con su litología y su posición estratigráfica relativa concordante con respecto a formaciones colindantes, estas rocas corresponden litoestratigráficamente a la Formación Vaca Muerta. Esta unidad de edad Tithoniano-Valanginiano está ampliamente distribuida en toda la cuenca.

A partir de los fósiles contenidos, el intervalo de roca considerado puede clasificarse bioestratigráficamente, parcial ó totalmente dependiendo la localidad, como Biozona *Internispinosum*. En el sentido habitual corresponde a la sucesión de rocas que contienen *W. internispinosum*. El nombre de esta biozona es derivado del nombre de la especie mencionada, la cual fué seleccionada como especie índice y, dada la época por defecto, como especie guía, por Weaver (1931: 46).

El intervalo de roca considerado se clasifica cronoestratigráficamente como Zona Internispinosum. Esta zona consiste en la secuencia estratigráfica, el intervalo de roca representando un intervalo de tiempo, comprendida entre la primera y la última ocurrencia de *W. internispinosum*. Estas primera y última ocurrencias se interpretan, aunque implícitamente, como planos de tiempo que delimitan la zona. La Zona Internispinosum puede reconocerse en cualquier localidad en la que se identifique la especie guía o alguna asociación de las especies de la asociación característica (ver Parent & Garrido 2021). Evidentemente, como se discutió arriba, estas ocurrencias tendrán diferentes edades en distintas localidades, por lo cual las dataciones basadas sobre esta propiedad bioestratigráfica son muy imprecisas; además de inestables ya que cambiarán con cada nuevo registro de la especie en la localidad. Podría decirse que en cada localidad con registro de *W. internispinosum* existe una diferente "Zona Internispinosum".

A partir de un marcador bioestratigráfico adecuado la Zona Internispinosum ha sido estandarizada (Parent et al. 2015). El marcador elegido fué un bio-horizonte, el vínculo entre bio- y cronoestratigrafía. Este horizonte se denomina Horizonte *internispinosum alfa*, que consiste en los estratos que contienen el conjunto de especies que define este bio-horizonte. La terminación "alfa" refiere a los amonites de la especie índice en este horizonte corresponden a los representantes tempranos de dicha especie, *W. internispinosum* transient alfa (Parent et al. 2015). Las especies fósiles tienen rangos que comúnmente superan ampliamente el horizonte, sin embargo los morfotipos que se suceden en el tiempo pueden diferenciarse. De esta forma queda definida la Zona Internispinosum Estándar: Intervalo de roca con base en el Horizonte *internispinosum alfa* y que se extiende hasta la base de la Zona Alternans.

Es importante resaltar algunos aspectos relevantes: (1) La presencia de *W. internispinosum* en forma aislada permite asignar el ó los estratos a la Zona Internispinosum, aunque siempre existe la posibilidad de que los estratos más altos, ó los más bajos del intervalo asignado a la zona puedan corresponder realmente a las zonas adyacentes. (2) El reconocimiento del Horizonte *internispinosum alfa*, a partir de al menos una parte significativa del conjunto de especies guía que lo caracterizan, indica la base de la Zona estándar Internispinosum; los niveles suprayacentes a este bio-horizonte son automáticamente asignables con certeza a la zona, hasta aproximadamente las primeras ocurrencias de amonites asignables a la Zona Alternans, ú otra si ésta no estuviera representada localmente. (3) La diferenciación entre zona y zona-estándar es de gran importancia, no sólo teórica sino también práctica. Las diferencias pueden resumirse en que existe una única Zona estándar Internispinosum, singularizada por su base en el

Horizonte *internispinosum alfa*. Por otra parte, en cada localidad puede registrarse una Zona [no-estándar] Internispinosum de diferente edad, dependiendo del primer y/o último registro de *W. internispinosum* o en términos de los amonites que se registren o consideren. (4) El reconocimiento local de la base de una zona estándar por medio del bio-horizonte característico no siempre es posible, sin embargo la zona puede reconocerse mediante los amonites que ocurren en dicha zona. Los planos de tiempo que definen las zonas por delimitación, raramente se reconocen fuera de la sección tipo. (5) La nomenclatura discutida arriba es ventajosa y conveniente en varios aspectos: (a) distingue los nombres de las zonas (ó biozonas) de los nombres de las especies de las cuales se derivan sus nombres, resaltando el hecho de que estas unidades no son entidades zoológicas; (b) la exclusión de la palabra "de" entre el nombre del tipo de unidad y el de la unidad propiamente dicho, además de evitar un error conceptual, evita el equívoco de asumir que la zona corresponde a la ocurrencia de la especie índice; (c) finalmente, el uso de sólo la segunda parte del nombre de la especie guía para el nombre de la zona (ó biozona) provee una base importantísima de estabilidad nomenclatural frente a cambios en la asignación genérica de la especie índice.

CONCLUSIÓN

La nomenclatura cronoestratigráfica y los procedimientos de correlación cronoestratigráfica ó temporal (datación) no son adoptados en forma homogénea por los distintos autores, lo cual suele producir divergencias reales que dificultan las interpretaciones y aplicaciones de los resultados obtenidos a partir de distintos estudios. Los principales problemas generalmente se originan en el uso inconsistente de los términos zona, cronozona, y biozona, de la eualización de los conceptos de fósil guía y fósil índice, y otras veces en las prácticas de correlación cronoestratigráfica sobre la base de características litológicas de las sucesiones que se comparan.

En las secuencias de roca típicamente algunos de sus estratos contienen fósiles, distribuidos en forma variable. A partir de éstos pueden establecerse los intervalos (rangos) de su distribución vertical. Con esta información se construyen cartas de distribución bioestratigráfica local o secuencias de fósiles, y estas secuencias se utilizan para definir clasificaciones cronoestratigráficas conjugadas mediante marcadores puntuales adecuados (Fig. 1). En otras palabras, las secuencias de fósiles son transformadas en secuencias temporales y utilizadas para construir escalas de tiempo estratigráfico (Callomon 1985: 67).

Un aspecto importante que debiera tenerse siempre en cuenta es que los rangos de ocurrencia local difieren según la localidad, y cambian, aún localmente, a partir de

sucesivos muestreos y/o los criterios taxonómicos de distintos autores. Las primera y última ocurrencias son propiedades bioestratigráficas locales, dominadas por factores tafonómicos y muestrales que modelan las variaciones de registro a lo largo y ancho del área de ocurrencia de toda especie (Fig. 2).

El orden, a veces histórico, en que avanza el desarrollo de una escala cronoestratigráfica hace que en muchos casos estos procedimientos presenten dificultades en su aplicación. Modernamente el procedimiento más adecuado y preciso consiste en la definición de bio-horizontes para estandarizar zonaciones que han sido derivadas de subdivisiones bioestratigráficas poco estables y a veces multiplicadas por los diferentes criterios de los autores. El procedimiento de definición de bio-horizontes para progresar hacia zonaciones estándar robustas y estables está ampliamente reconocido (e.g. Cariou & Hantzpergue 1997, Callomon 2003) y aplicado con buenos resultados.

Agradecimientos. Alberto C. Garrido (Zapala, Argentina) y Luciano Brambilla (Rosario, Argentina) contribuyeron valiosamente con su lectura crítica sobre el primer ensayo de este artículo.

REFERENCIAS

- Arkell W.J., 1956. Jurassic Geology of the world. Oliver & Boyd, Edinburgh & London, 806 p.
- Callomon J.H., 1985. Biostratigraphy, chronostratigraphy and all that – again! In: A. Zeiss & O. Michelsen (eds.): International Symposium on Jurassic Stratigraphy, Erlangen 1984. – *Geological Survey of Denmark*, p. 612-624.
- Callomon J.H., 1995. Time from fossils: S.S. Buckman and Jurassic high-resolution geochronology. In: M.J. Le Bas (ed.): Milestones in Geology. *The Geological Society Memoir* 16: 127-150.
- Callomon J.H., 2001. Fossils as geological clocks. In: Lewis C.L.E. & Knell S.J. (eds.): The age of the earth: from 4004 BC to AD 2002. – *Geological Society of London Special Publications* 190: 237-252.
- Callomon J.H., 2003. Essay Review. – *Proceedings of the Geologists' Association* 114: 263-269.
- Cariou E. & Hantzpergue P., 1997. Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. – *Bulletin du Centre de Recherche Elf-Exploration et Production* 17: 79-86.
- Carozzi A.V., 1965. Lavoisier's fundamental contribution to stratigraphy. – *The Ohio Journal of Science* 65: 71-85.
- Cecca F., 1999. Palaeobiogeography of Tethyan ammonites during the Tithonian (latest Jurassic). – *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 147: 1–37.
- Código Argentino de Estratigrafía, 1992. Asociación Geológica Argentina, 62 p.

- Dommergues J.-L. & Marchand D., 1988. Paleobiogeographie historique et écologique: application aux ammonites du Jurassique. In: Wiedmann J. & Kullmann J. (eds): Cephalopods – Present and Past: 351-364. – Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Dzik J., 1985. Typologic versus population concepts of chronospecies: implications for ammonite biostratigraphy. – *Acta Palaeontologica Polonica* **30**: 71-92.
- Gabilly J., 1971. Méthodes et modèles en stratigraphie du Jurassique. – *Mémoire du Bureau de Recherche Géologique et Minière de France* **75**: 5-16.
- Garrido A.C. & Parent H., 2013. Estratigrafía y fauna de amonites de los depósitos "Lotenianos" (Caloviano Medio-Oxfordiano Inferior?) del anticlinal de Picún Leufú, Cuenca Nequina – Subcuenca de Picún Leufú, Argentina. – *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología* **83**: 35-68.
- Holland C.H., 1989. Synchronology, taxonomy and reality. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* **B325**: 263-277.
- Krantz F., 1926. Die Ammoniten des Mittel- und Obertithons. In: E. Jaworski, F. Krantz & H. Gerth (eds.): Beiträge zur Geologie und Stratigraphie des Lias, Doggers, Tithons und der Unterkreide im Süden der Provinz Mendoza (Argentinien). – *Geologische Rundschau* **17a**: 427-462.
- Lavoisier A., 1789. Observations generales sur les couches horizontales, qui ont ete deposees par la mer, et sur les consequences qu'on peut tirer de leurs dispositions, relativement a l'anciennete du globe terrestre. – *Memorie de la Academie Royal des Sciences* **1789**: 351-371.
- Leanza H.A., 1981. The Jurassic-Cretaceous boundary beds in West Central Argentina and their ammonite zones. – *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen* **161**: 62-92.
- Mönnig E., 2017. The evolution of Oppel's 'Macrocephalusbett' (Callovian, Middle Jurassic). – *Lethaia* **50**: 356-368.
- Oppel A., 1858. Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. – *Jahreshefte des Vereins für vaterländische Naturkunde in Württemberg* **12-14**: 1-857.
- Page K.N., 2017. From Oppel to Callomon (and beyond): building a high-resolution ammonite-based biochronology for the Jurassic System. – *Lethaia* **50**: 336-355.
- Parent H., 2006. Oxfordian and late Callovian ammonite faunas and biostratigraphy of the Neuquén-Mendoza and Tarapacá basins (Jurassic, Ammonoidea, western South-America). – *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología* **76**: 1-70.
- Parent H., Scherzinger A., Schweigert G. & Capello O.D., 2007. Amonites of the Middle Tithonian Internispinosum Zone from Barda Negra, southern Neuquén-Mendoza Basin, Argentina. – *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología* **77**: 11-24.
- Parent H., Garrido A.C., Scherzinger A., Schweigert G. & Fözy I., 2015. The Tithonian-Lower Valanginian stratigraphy and ammonite fauna of the Vaca Muerta Formation in Pampa Tril, Neuquén Basin, Argentina. – *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología* **86**: 1-96.
- Parent H., Schweigert G., Scherzinger A. & Garrido A.C., 2017. Additional Tithonian and Berriasian ammonites from the Vaca Muerta Formation in Pampa Tril, Neuquén Basin, Argentina. – *Volumina Jurassica* **15**: 139-154.
- Parent H. & Garrido A.C., 2021. The Tithonian ammonite fauna of the transect Cerro Lotena-Cerro Granito, Vaca Muerta Formation, Argentina. I. Family Himalayitidae. – *Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología* **91**: 21-60.
- Salvador A., 1994. International Stratigraphic Guide. International Union of Geological Sciences.
- Schweigert G., 2015. Ammonoid Biostratigraphy in the Jurassic. In: C. Klug, D. Korn, K. DeBaets, I. Kruta & R.H. Mapes (eds.): Ammonoid Paleobiology: From macroevolution to paleogeography. – *Topics in Geobiology* **44**: 389-402.
- Steno N., 1669. De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Florence.
- Torrens H.S., 2002. Some personal thoughts on stratigraphic precision in the twentieth century. – *Geological Society of London, Special Publications* **192**: 251-272.
- Weaver A., 1931. Paleontology of the Jurassic and



The folds show east-directed thrusting and east-verging folds in turbidites of the Upper Cretaceous Cerro Toro Formation. Deformation is Andean age (Eocene-Pliocene). The view is south from Mirador Los Suspiros, a few km east of Perito Moreno Glacier, Chile. **Photo by Dr. Gary Prost.**

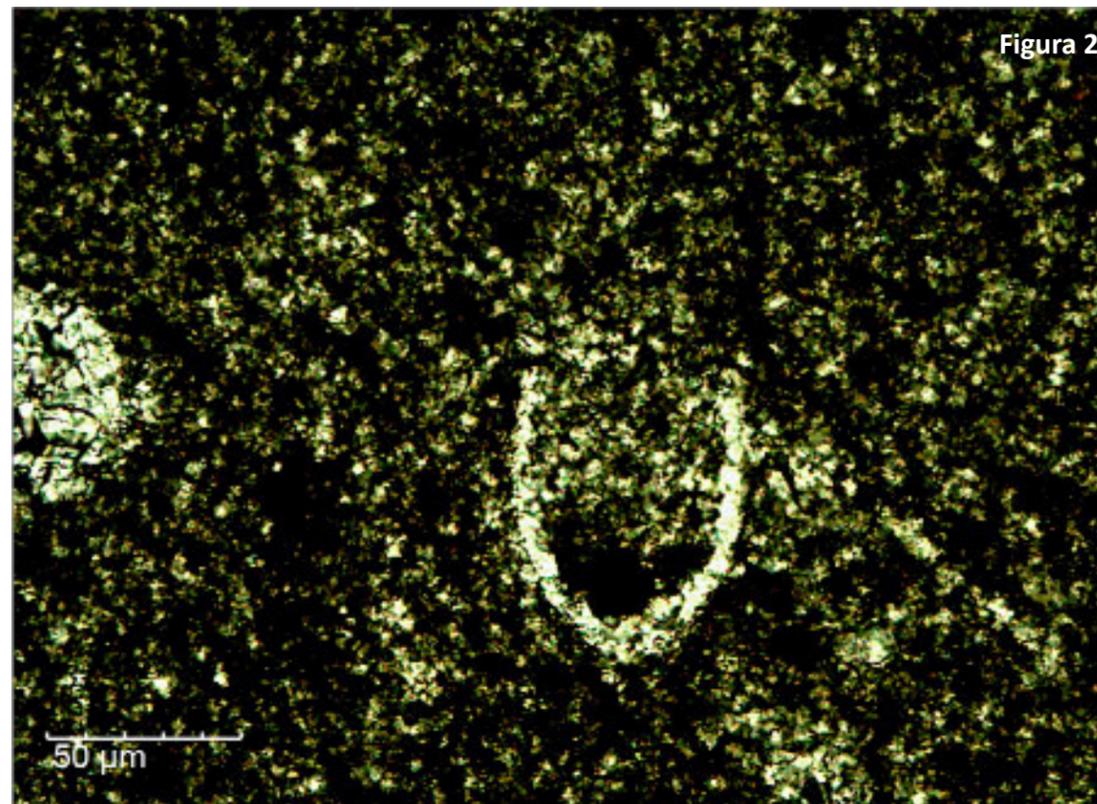
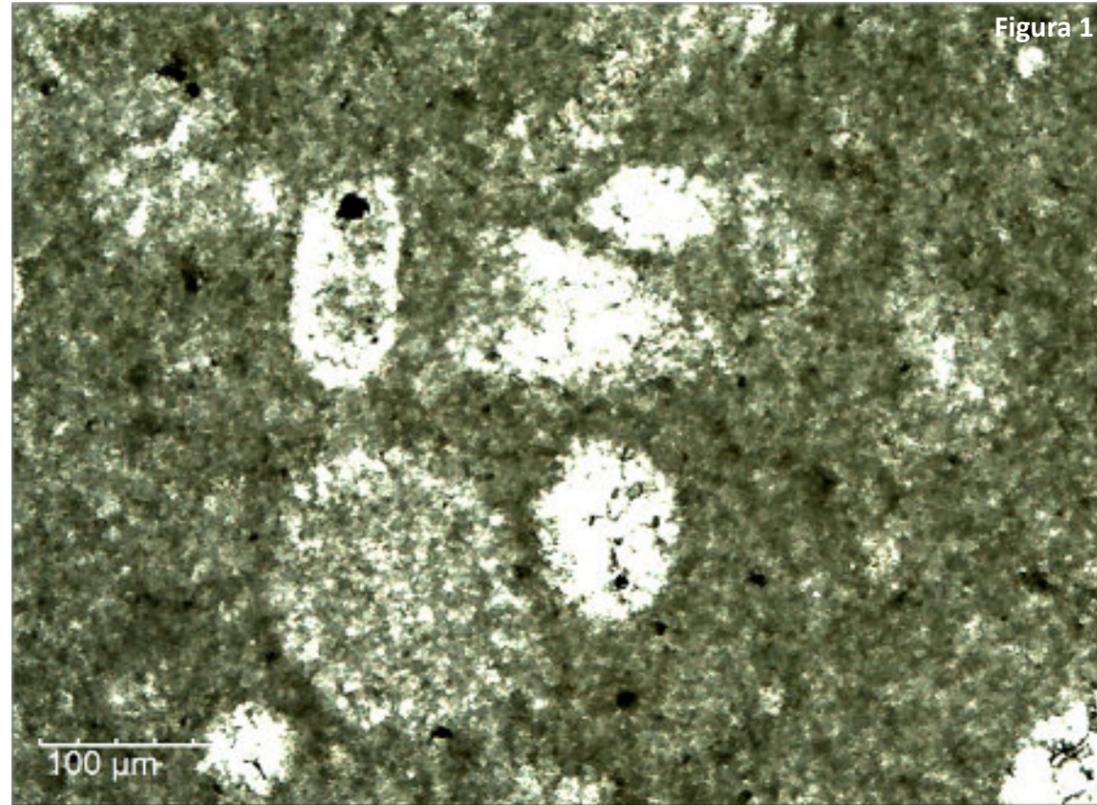


The mine photo is the south end of the DMH open pit copper mine and tailings as seen looking east from Mirador DMH. Formerly the Mansa Mina deposit just north of Calama, Chile, it was renamed División Ministro Hales after Alejandro Hales, a former Minister of Mines. This porphyry copper-molybdenum deposit has estimated total resources of 12.6 million tons of metallic copper, a supergiant copper deposit. You are looking at just the upper few benches of the 1,200 m deep open pit with a background of tailings that rise another 60 m above the pit. **Photo by Dr. Gary Prost.**



Horacio Parent (15/11/62) es profesor en la Universidad Nacional de Rosario, Director del Laboratorio de Paleontología & Biocronología. Sus investigaciones se centran en la paleontología y estratigrafía del Jurásico y Cretácico, especialmente en la biología y evolución de los ammonoideos jurásicos. Editor del Boletín del Instituto de Fisiografía y Geología (Rosario) y editor asociado de la revista *Revue de Paléobiologie* (Ginebra).

https://www.fceia.unr.edu.ar/fisiografia/parent_h.htm



En la figura 1 se observa un calpionélido de la especie *Calpionellopsis simplex*, típico del Berriasiano superior, así como varios radiolarios. En la figura 2 se ve un ejemplar de *Calpionellites darderi*, marcador estratigráfico del Valanginiano. Estos ejemplares de Cerro El Padhi, en el centro-este del estado de Hidalgo. México, fueron estudiados por el maestro **José Carlos Jiménez López**, estudiante de doctorado en Ciencias de la Tierra, UNAM.



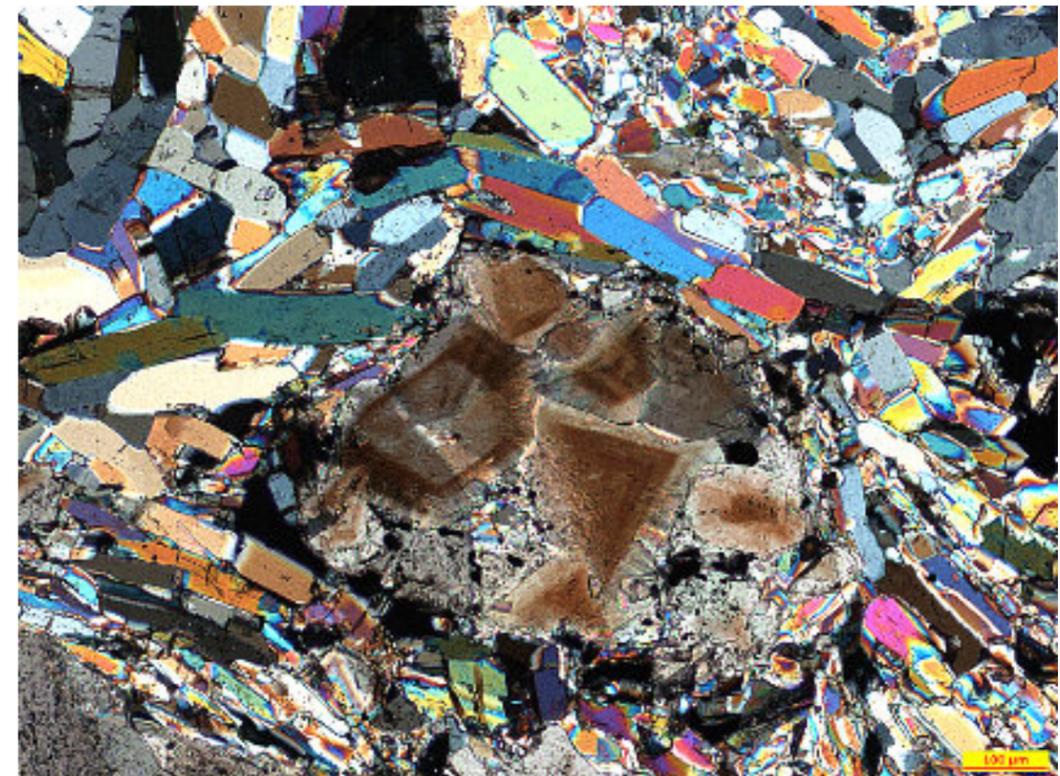
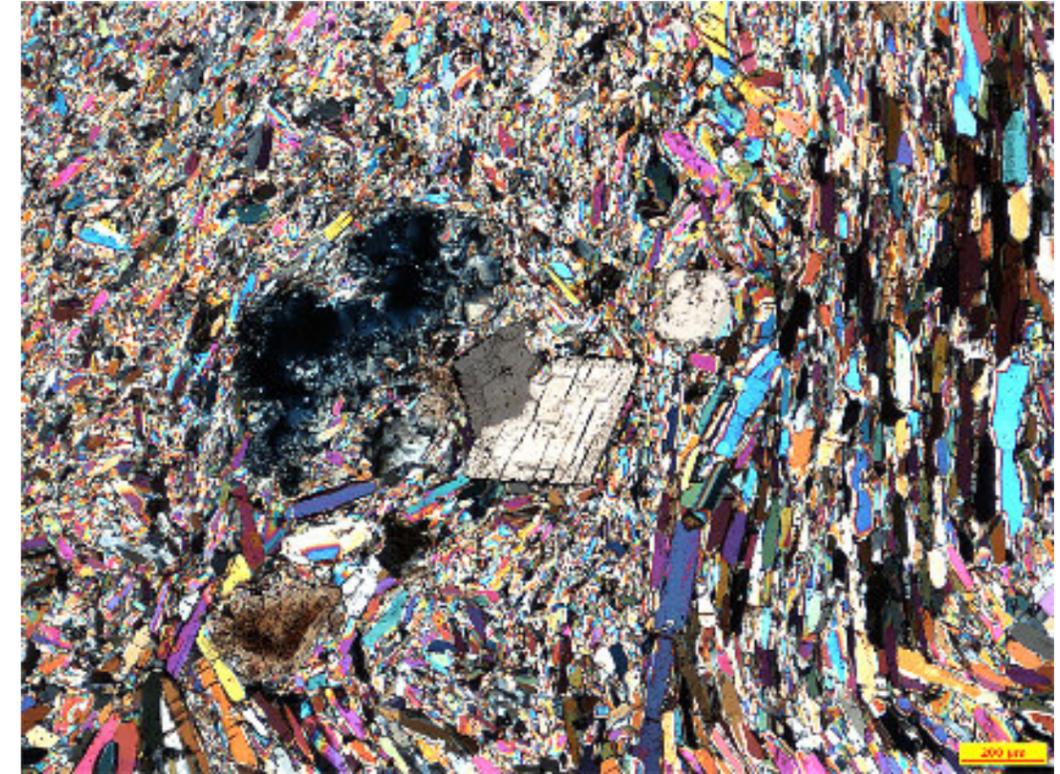
K/Pg seismites at La Popa Basin, NL: Very viscous sediment expulsion features as sediment pillows. They look like pillow lavas, in which the younger feature overlies and reacts compensationally to the previous ones to form upside-down teardrops at local subaerial exposures, formed at the sediment-air interface. Interpretation by **Dr. Tim Lawton**.



Johns Hopkins glacier below Mt. Fairweather and Mt. Quincy Adams, Alaska. Photo by **Dr. Joshua Rosenfeld**.



Cerro-testigo constituido por los restos de un sinter silíceo en la parte alta, que se asienta sobre los restos de una zona de alteración kaolinítica (antigua explotación minera) desarrollada a favor de la alteración de un pórfido cuprífero (posiblemente equivalente al que aflora en Tuligtic) mineralizado en Cu-Ag-(Au). El conjunto representa los restos preservados de una laguna hidrotermal desarrollada en la zona apical de un sistema epitermal de baja o media sulfuración. San Francisco Ixtacamaxtitlán (Edo. de Puebla, México). Como referencia ver: Tritlla et al. (2004), "The Ixtacamaxtitlán kaolinite deposit and sinter (Puebla State, Mexico): a magmatic-hydrothermal system telescoped by a shallow paleoaquifer"; *Geofluids*, 4.4: 329-340. Fotografía del **Dr. Jordi Tritlla Cambra**.



Zoned planar dolomite crystals within deformed crystalline anhydrite mass. Dolomite is corroded and partially brecciated, indicating that they are most probably xenoliths pulled from the underlying lacustrine beds during halocinetics. Upper Aptian, Campos Basin, Brazil. Crossed polarized nicols. Photos by **Dr. Jordi Tritlla Cambra**.



A nosotros los estudiantes de geología nos gusta mucho realizar las prácticas de campo, porque tenemos la oportunidad de tomar muchas fotografías de estructuras geológicas, montañas y de afloramientos.

Eres estudiante de geología y tienes fotografías de afloramientos de tu área de estudio o de viajes de campo?

Comunícate con

Saúl Humberto Ricardez Medina

ricardezmedinasaulhumberto@gmail.com

quien está a cargo de organizar esta información.

Troncos de árboles fosilizados: preservación en paleoambientes continentales y marinos de afloramientos en Baja California

Ramón López Jiménez
Colaborador de la Revista

Mientras trabajaba en los excepcionales, pero remotos afloramientos de Baja California, me he encontrado con muchos fragmentos fosilizados de árboles del Cretácico. Curiosamente, estos fósiles fueron preservados tanto en entornos subaéreos, fluviales y marinos. ¿Significa esto que la preservación es fácil? ¿Cómo se preserva la madera durante más de 70 millones de años? ¿Qué tipo de información podemos obtener de los árboles fosilizados?

La madera fósil puede preservarse a través de varios mecanismos, como la momificación, la petrificación o la impregnación con sustancias variadas (Sweeney et al., 2009; Mustoe, 2018). La silicificación es uno de los procesos más comunes para preservar troncos de árboles. El agua subterránea rica en sílice (SiO_2) infiltra el sedimento y la madera enterrada. A medida que el material orgánico se descompone, la sílice del agua se disuelve y penetra en la estructura celular de la madera. Luego, la sílice precipita y llena los espacios dentro de la madera, ya sea a través de la 'permineralización', donde la sílice llena los espacios vacíos, o a través del 'reemplazo', donde la sílice reemplaza el material orgánico célula por célula. Con el tiempo, esto lleva a la mineralización completa de la madera, convirtiéndola en piedra mientras retiene su estructura original. Eventualmente, la madera impregnada de sílice se endurece en cuarzo, formando madera petrificada. Este proceso puede tardar millones de años y preserva las estructuras detalladas de la madera original.

La silicificación depende de la presencia de abundante sílice, que generalmente se encuentra en la naturaleza como cuarzo. Por lo tanto, un sedimento rico en cuarzo es esencial. Sin embargo, otros componentes de diferentes

tipos de sedimento también juegan un papel crucial en la preservación de troncos de árboles para la fosilización. Hay investigaciones que demuestran que la mineralogía de diferentes tipos de sedimentos afecta la preservación de los restos vegetales. Por ejemplo, experimentos de laboratorio han demostrado que la caolinita afecta positivamente la estabilización de la estructura de la madera, mientras que la montmorillonita impacta negativamente en la preservación de los niveles de proteínas. En cualquier caso, antes de la fosilización, la madera no debe descomponerse debido a los microorganismos antes de su entierro completo. Los compuestos químicos naturales encontrados en las plantas, como los triterpenos, los derivados de ácidos grasos, los compuestos fenólicos y los aceites esenciales, pueden preservar la madera contra la degradación por termitas u hongos, ayudando en su fosilización con el tiempo. La degradación antes del proceso de fosilización como la silicificación puede hacer que la preservación de estas antiguas piezas de historia geológica sea bastante desafiante. Así que no, no es fácil que la madera se preserve, fosilice y permanezca enterrada durante decenas o cientos de millones de años.

Sin embargo, hay lugares donde se pueden observar fácilmente fragmentos de troncos de árboles silicificados como las zonas donde aflora la Formación El Gallo, cerca de la ciudad de El Rosario, en Baja California. Miles de fragmentos de troncos fósiles están bien incrustados en areniscas fluviales o en depósitos modernos aluviales, dispersos por las laderas (**Figura 1**). En este caso, podemos especular que la mineralogía y las condiciones paleoambientales durante el entierro de las plantas fueron óptimas, permitiéndonos observar hoy miles de restos de árboles fosilizados. El tipo de sedimento, arenisca muy fina a media rica en cuarzo, desde luego ayudó en el proceso de fosilización. Los restos de troncos fósiles encontrados en esta formación están excepcionalmente bien preservados, a menudo



Figura 1: Estos trozos de ramas y troncos de plantas del Cretácico se encuentran hoy día en rellenos de canal de la Formación El Gallo.

reteniendo corteza, anillos de crecimiento, rayos medulares, médulas y nodos de ramas. La calidad de la preservación es tan alta que constituye un *Lagerstätte*, un sitio con preservación fósil extraordinaria. Estudios sobre estos troncos de árboles, restos macroscópicos de plantas y polen de la formación de El Gallo indican un ecosistema terrestre con ciclos húmedos/secos durante el Cretácico.

La Formación El Gallo no es la única que contiene árboles fosilizados. Hay otras formaciones geológicas más al sur de El Rosario, como la Formación El Rosario, que contienen árboles fosilizados en sedimentos tanto no marinos como marinos profundos, que datan desde el Campaniano Superior hasta las etapas del Daniano Inferior del período Cretácico Tardío. El estudio de la madera fosilizada de la Formación Rosario en el noroeste de México revela detalles importantes sobre el entorno durante el período Cretácico tardío. Los científicos descubrieron una nueva especie, *Rosarioxylon bajacaliforniensis*, perteneciente a

la familia Lauraceae (Cevallos-Ferriz et al., 2021). La madera fosilizada tiene anillos de crecimiento distintivos y varias estructuras de vasos, lo que sugiere que el clima tenía variaciones estacionales, con diferencias en temperatura y precipitación a lo largo del año (Figura 2). Esto implica que el área probablemente era cálida y húmeda, similar a los climas tropicales o subtropicales de hoy. *Rosarioxylon bajacaliforniensis* tiene características anatómicas específicas, como rayos heterocelulares y células oleíferas, que ayudan a clasificarla dentro de la familia Lauraceae. Las células oleíferas indican que la planta tenía mecanismos de defensa contra herbívoros y patógenos, sugiriendo un ecosistema animado. Encontrar *Rosarioxylon bajacaliforniensis* en Baja California muestra que las plantas Lauraceae estaban muy extendidas durante el Cretácico tardío. El área, ahora la frontera entre Estados Unidos y México, una vez tuvo bosques exuberantes con plantas tropicales, ubicados a lo largo de la costa. Los fósiles de coníferas encontrados junto a las

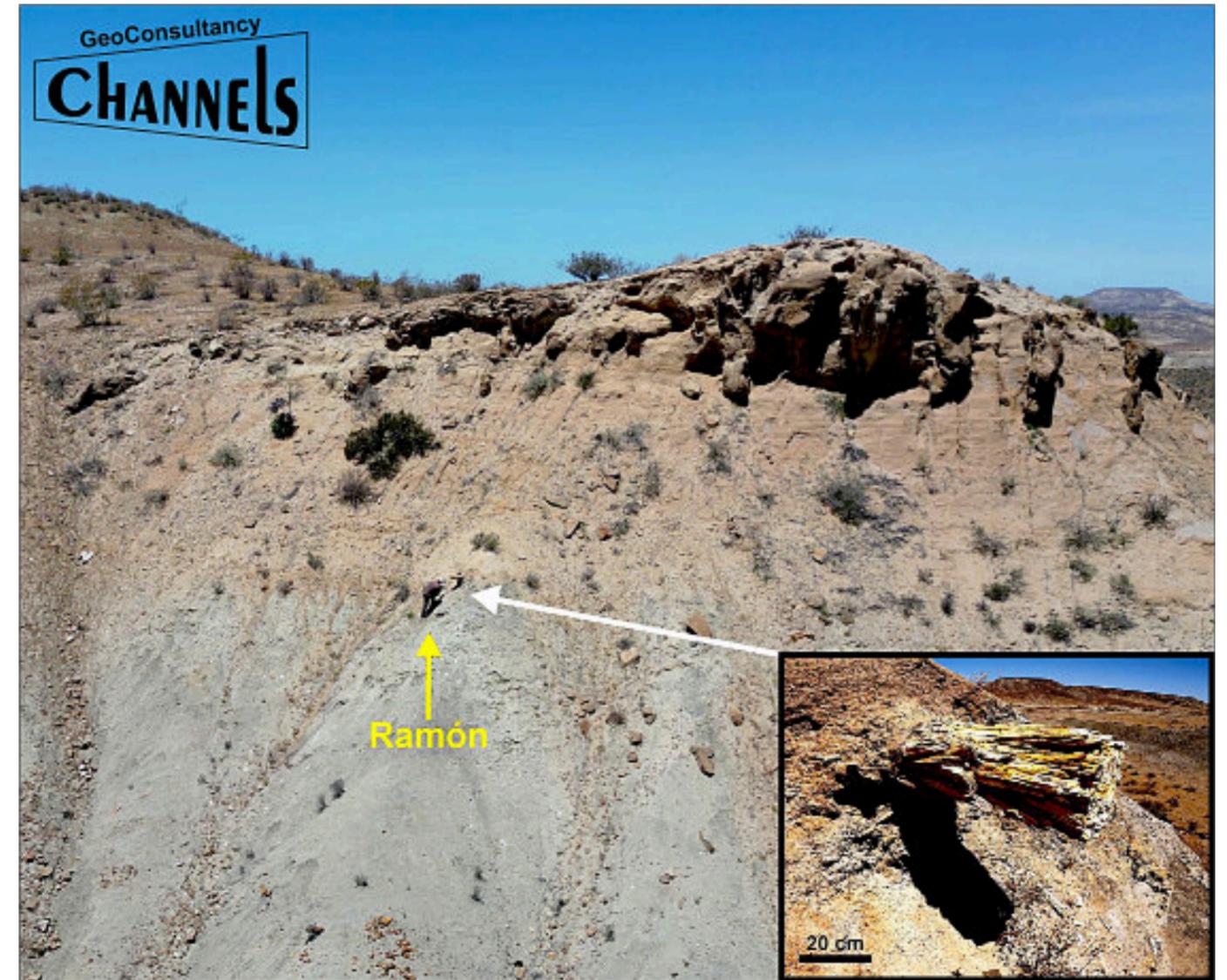


Figura 2: Este tronco fosilizado extraordinariamente bien conservado se encuentra en depósitos de origen marino que indican un transporte en masa. Se encuentran en la zona de la estratigrafía en la que se sitúa el límite K-Pg. En este caso, no hay zonas carbonizadas como en otros troncos encontrados en la misma zona.

Lauraceae sugieren que las coníferas también eran comunes en estos bosques, indicando una estructura forestal compleja con alta biodiversidad.

Esto no es todo sobre de los troncos fosilizados de la Formación El Rosario: entre ellos hay fragmentos de carbón y troncos de árboles parcialmente carbonizados. Estudios de laboratorio recientes han revelado que algunos de estos fragmentos de carbón se formaron a temperaturas que oscilan entre 395 y 1022 °C, con un valor medio de 716 °C (Santa Catharina et al., 2022). Los

sedimentos y la madera se depositaron alrededor del límite Cretácico-Paleógeno (K-Pg), y los fósiles de madera se encuentran en o cerca de depósitos volcánicos. Por lo tanto, existen tres interpretaciones principales para las zonas carbonizadas encontradas en los troncos fósiles con indicios de esas altas temperaturas: (1) incendio forestal 'ordinario', (2) erupción volcánica y (3) radiación térmica de un impacto de asteroide. La interpretación de incendio forestal parecería menos probable debido a las altas temperaturas inferidas y la falta de evidencia de degradación por organismos que comen madera, y que

típicamente actúan sobre los restos de árboles quemados. Sin embargo, también hay que tener en cuenta los estudios que apuntan sólidamente a un aumento en la ocurrencia de incendios forestales ordinarios en el período inmediatamente posterior al límite Cretácico-Paleógeno (Brown et al., 2012; Gross, 2017). La interpretación de erupción volcánica podría explicarse mediante un flujo piroclástico, ya que muchos árboles muestran una presencia de carbón similar al encontrado en la Formación El Rosario y temperaturas en iguales rangos (Scott and Glasspool, 2005). Por último, la interpretación del impacto de asteroide también es plausible ya que el depósito coincide con el límite K-Pg cuando ocurrió el evento de impacto de Chicxulub. No podemos descartar totalmente ninguna de estas interpretaciones, pero las dos últimas parecen las más posibles si se suman numéricamente evidencias acumuladas. Sin embargo, en otros sitios del continente americano donde hay abundantes fósiles de plantas justo en el límite K-Pg, y que están más cerca del cráter de

impacto de Chicxulub, no se han encontrado fragmentos carbonizados en las plantas en absoluto (Belcher et al., 2003; Spicer and Shackleton, 1989; Ekdale and Stinnesbeck, 1998). ¿Esto descartaría la interpretación del impacto de asteroide para algunos troncos fosilizados en la Formación El Rosario? Por supuesto que no, pero demuestra que es mejor ser cauteloso al apoyar una interpretación frente a otras a partir de un único estudio de caso cuando hay tantos otros que lo contradicen. En uno de mis recientes viajes de campo, encontré fragmentos carbonizados en un depósito volcánico (toba) junto a la costa, en una posición más baja de la Formación El Rosario, considerablemente más antigua que el límite K-Pg ya que se encuentra a varios cientos de metros por bajo de este límite en la secuencia estratigráfica (**Figura 3**). Será interesante estudiar esos fragmentos para saber si la opción volcánica se refuerza. En todo caso, siempre hay dejar espacio para la incertidumbre. No es necesario buscar una única interpretación como conclusión final.



Figura 3: Fragmentos de madera fosilizada con zonas carbonizadas en zonas inferiores de la Formación El Rosario, cerca de la actual costa, en depósitos de toba volcánica.

Referencias

- Belcher, C. M., Collinson, M. E., Sweet, A. R., Hildebrand, A. R., & Scott, A. C. (2003). Fireball passes and nothing burns—The role of thermal radiation in the Cretaceous-Tertiary event: Evidence from the charcoal record of North America. *Geology*, 31(12), 1061-1064.
- Brown, S. A., Scott, A. C., Glasspool, I. J., & Collinson, M. E. (2012). Cretaceous wildfires and their impact on the Earth system. *Cretaceous research*, 36, 162-190.
- Cevallos-Ferriz, S. R., Santa Catharina, A., & Kneller, B. (2021). Cretaceous Lauraceae wood from El Rosario, Baja California, Mexico. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 292, 104478.
- Ekdale, A. A., & Stinnesbeck, W. (1998). Trace fossils in Cretaceous-Tertiary (KT) boundary beds in northeastern Mexico; implications for sedimentation during the KT boundary event. *Palaios*, 13(6), 593-602.

Gross, M. (2017). An investigation of paleo-wildfires during the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) boundary at El Kef, Tunisia.

Mustoe, G. E. (2018). Non-mineralized fossil wood. *Geosciences*, 8(6), 223.

Scott, A. C., & Glasspool, I. J. (2005). Charcoal reflectance as a proxy for the emplacement temperature of pyroclastic flow deposits. *Geology*, 33(7), 589-592.

Shackleton, N. J., & Spicer, R. A. (1989). Plants at the Cretaceous-Tertiary Boundary: Discussion. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*, 325(1228), 305.

Sweeney, I. J., Chin, K., Hower, J. C., Budd, D. A., & Wolfe, D. G. (2009). Fossil wood from the middle Cretaceous Moreno Hill Formation: Unique expressions of wood mineralization and implications for the processes of wood preservation. *International Journal of Coal Geology*, 79(1-2), 1-17.



Ramón López Jiménez es un geólogo con 14 años de experiencia en investigación y en varios sectores de la industria y servicios públicos. Es un especialista en obtención de datos en campo, su análisis y su conversión a diversos productos finales. Ha trabajado en EEUU, Mexico, Colombia, Reino Unido, Turquía y España. Su especialidad es la sedimentología marina de aguas profundas. Actualmente realiza investigación en

afloramientos antiguos de aguas someras y profundas de México, Turquía y Marruecos en colaboración con entidades públicas y privadas de esos países. Es instructor de cursos de campo y oficina en arquitectura de yacimientos de aguas profundas y tectónica salina por debajo de la resolución sísmica.

r.lopez.jimenez00@aberdeen.ac.uk

Burying the blue sky: Potential for carbon dioxide from direct air-capture technology to be stored in the Corozal Basin of northern Belize

David T. King, Jr.

Geosciences, Auburn University, Auburn, Alabama 36849 USA

Abstract

In this paper, it is proposed that a developing nation like Belize could utilize its subsurface capacity for carbon sequestration and in so doing employ direct air-capture technology once the cost of such technology reaches a feasible level of about \$100US per metric ton. The suggested target formation is the Margaret Creek formation, which is situated in the lower reaches of the Corozal Basin of northern Belize. This 100 m-thick formation is a sandy fluvial deposit, which has an average porosity of about 7%. It is suggested here that as much as 1.2 billion metric tons of carbon dioxide could be sequestered in this target formation. This kind of carbon-sequestration operation could contribute to the local economy as well as help in the global effort to reduce carbon dioxide presently in the atmosphere.

Introduction

“Only within the moment of time represented by the present century has one species – man – acquired significant power to alter the nature of the world.”

– Rachel Carson, *Silent Spring* (1962)

The nations of the world are facing a climate crisis that affects everyone and all living things because the atmosphere is heating up at a rate that has not occurred for many millions of years. This global atmospheric warming affects living and non-living systems, mainly in ways that are detrimental. In addition, there are a myriad of unintended consequences. Recognizing this, the 2015 Paris Agreement was intended to set all nations on a path to reduce global emission of carbon dioxide, a principal

gas causing atmospheric warming, and to help remove carbon dioxide from the atmosphere. The process of, and industry related to, carbon sequestration took on new importance after this agreement, and substantial progress has been made in technical advances and societal planning to address the excess carbon dioxide issue (Bennaceur et al., 2008; IPCC, 2022). One avenue to help mitigate current carbon dioxide emission levels is direct air capture (Metz et al., 2005; U.S. Dept. Energy, 2023; Carbon Capture, 2024). The 2015 Paris Agreement established a fund to support developing nations in helping combat high atmospheric carbon-dioxide levels, which these countries did not help create, but could help mitigate. This paper suggests that the necessary geological conditions exist in northern Belize for carbon-dioxide sequestration after direct air capture of carbon dioxide.

In order to have successful subsurface storage of carbon dioxide there must be a suitable reservoir with relatively high porosity and a readily accessible depth, which also lies below a substantial capping layer or stratigraphic seal (Michael et al., 2010; Song and Zhang, 2012). Such stratigraphic circumstances occur deep in the Corozal Basin of northern Belize, particularly within the Margaret Creek formation (described by King and Petruny, 2013). In this Mesozoic, thermal subsidence basin, strata ranging in age from Triassic to Cretaceous occur, and they tend to thicken substantially toward the center of the Corozal Basin (King et al., 2004; King and Petruny, 2012). Figure 1 shows the stratigraphy of the Corozal Basin and the relative ages of the formations in that basin. Of particular note with regard to the thesis of the present report, is the lowermost formation in the Corozal Basin, i.e., the Triassic formation that lies upon metamorphic bedrock below the basin, namely the Margaret Creek formation (Figure 1). The 100-m thick Margaret Creek formation has a potentially vast capacity for carbon-dioxide injection as noted below.

Margaret Creek as the target formation

The Margaret Creek formation is a sandy clay and clayey sand deposit, which originated for the most part as fluvial

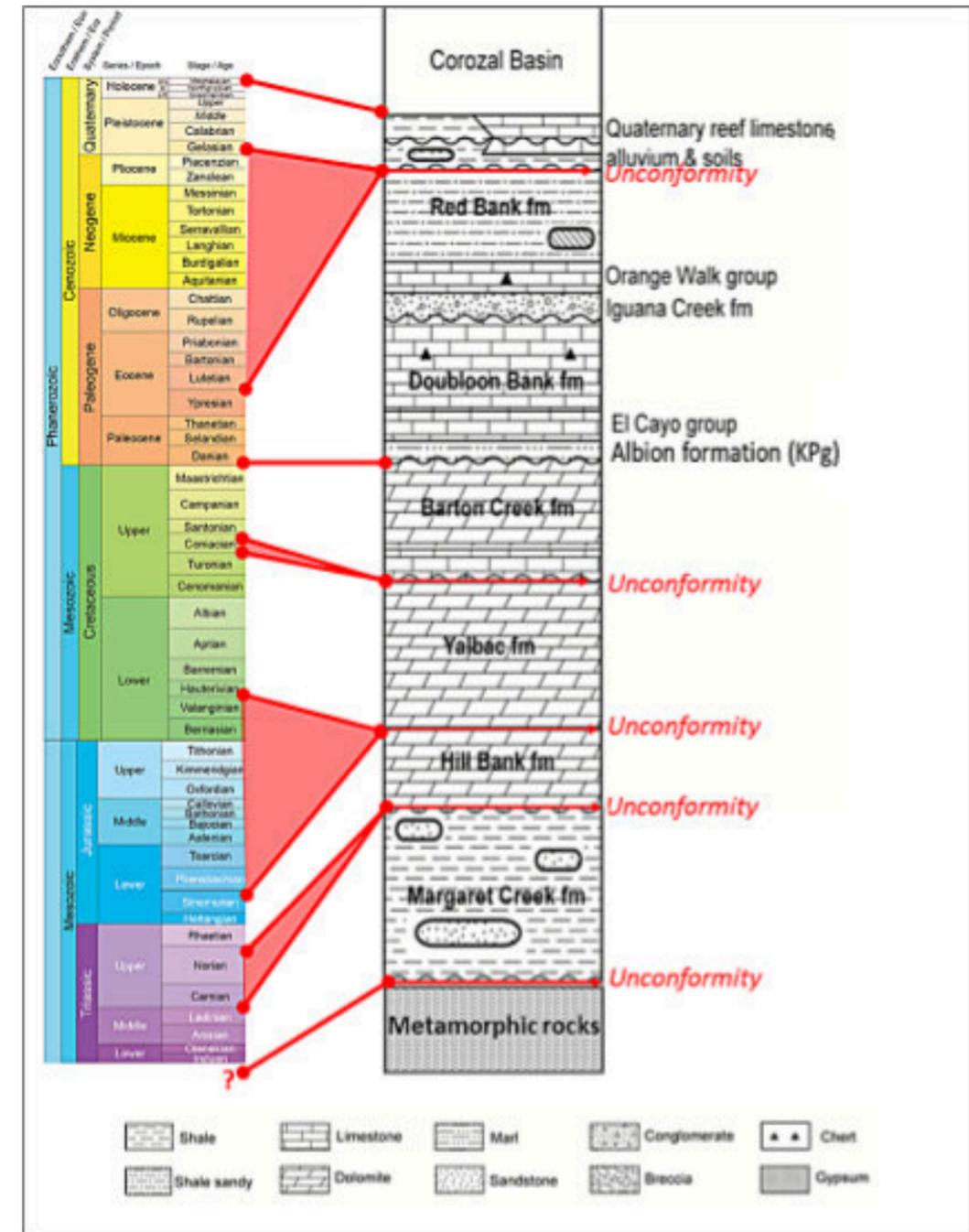


Figure 1. Stratigraphy of the Corozal Basin of northern Belize. At left is the standard geological time scale, which has been modified from the downloaded format to show specifically the geological periods, epochs, and ages within Mesozoic and Cenozoic. Numerical ages of boundaries are not shown (for these ages, see the current geological time scale at www.stratigraphy.org). At right is the stratigraphic column for the Corozal Basin in which all formations are shown roughly according to their approximate relative thickness on average. Red tie lines between the stratigraphic column and the standard geological time scale show the relative age relations of the formations. Gaps (unconformities) are shown in the red-shaded intervals between formation tie lines. This interpretation follows the new Mesozoic chronostratigraphy proposed by King and Petruny (2023) and is modified from that paper. The standard geological time scale is used with permission of the International Commission on Stratigraphy (to be cited as Cohen et al., 2023).

(river and stream) systems and humid alluvial fans that developed adjacent to the ancestral Maya Mountains of central Belize (Figure 2; King and Petruny, 2013). The Margaret Creek ranges in thickness from about 18 m to a maximum of about 183 m, and averages about 100 m. As the Corozal Basin subsided during Mesozoic, the Margaret Creek formation became deeply buried under 100s of meters of overlying sedimentary strata. The Margaret Creek formation still has substantial porosity and good permeability. Kirchin (2011) discusses an average 7% porosity in several drilled wells within the Margaret Creek of northwestern Belize, and lists the formation as a

possible petroleum reservoir rock with potential commercial flow rates. In other words, the Margaret Creek would make a good target for carbon sequestration, and a good reservoir for holding carbon dioxide for substantial periods of time (e.g., see Hefny et al., 2019). The overlying Hill Bank formation, which is 75+ m thick, consists of interbedded sandstones and dolostones (Gill et al., 2018). The sandstones have substantial porosity (up to 25 %; Gill et al., 2018), and thus they would be much like the Margaret Creek in terms of storage capability, but they would have much less capacity (volume) for carbon sequestration. However, the overlying carbonates and



Figure 2. Outcrop of the Margaret Creek formation in the foothills of the Maya Mountains (near St. Margaret's village on the Hummingbird Highway). Outcrop shows beds of fluvial channel sandstone (~ 0.5 m thick) that stand out slightly from the hillside. These beds are intercalated with recessive beds of silty and sandy clay (overbank and floodplain-paleosol deposits). Height of outcrop shown is about 10 m. Samples from this locality were described by King and Petruny (2013). Photograph by the author.

evaporates of the Yalbac formation, which ranges up to 3000 m thick in the Corozal Basin (Gill et al., 2018), would be a good capping unit or seal (e.g., see Benson and Meyer, 2002; Vivaida et al., 2009; Griffith et al., 2011). There is some limited porosity and permeability in the dolostones of the Yalbac, but the intercalated evaporates have very low to zero porosity and essentially nil permeability. Even if sequestered carbon dioxide were to move into this thick capping unit via fracture or fault systems, for example, carbonate rock of the Yalbac has the potential to readily interact with the carbon dioxide to produce new carbonate minerals thus fixing the carbon dioxide in place and reducing open space in the cap rock (Chopping and Kaszuba, 2017). Since petroleum exploration began in the Corozal Basin during the 1950s,

numerous petroleum exploration wells have been drilling into the Margaret Creek formation in northern Belize. Those wells could help guide carbon sequestration drilling or in some instances could be used as re-entry points for carbon-dioxide injection.

Considering the known thicknesses of the Margaret Creek formation in the Corozal Basin (Figure 3; King and Petruny, 2013), and making some simple assumptions about the shape and size of the total mass of rock represented by the Margaret Creek in the deeper part of the Corozal Basin, a volume in cubic meters can be estimated. This estimated volume is about $1.1 \times 10^{12} \text{ m}^3$. To calculate the approximate mass of carbon dioxide that can be sequestered in a given formation, a simple multiplicative

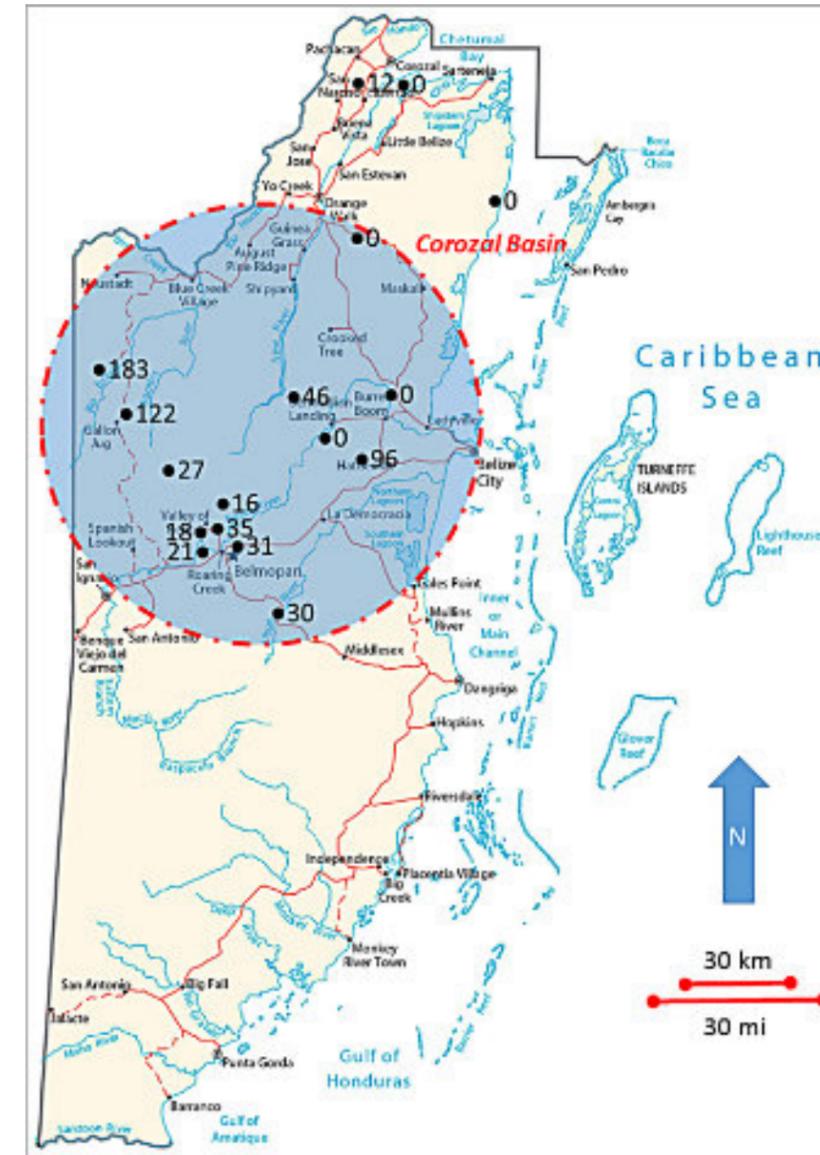


Figure 3. Map of Belize showing main roads and towns, which has been modified for this paper. The red, dashed arc and shaded blue circle show the approximate limit of the Corozal Basin in northern Belize for this study. Several known thicknesses of the Margaret Creek formation (given in meters) within the deeper part of the Corozal Basin are shown next to the location of drilled exploration wells (●) that penetrated the formation (data from King and Petruny, 2013). The transparent blue circle (radius = 60 km) shows the area that was used for the volume estimate in this paper. Base map is from an open source for maps at <https://gisgeography.com>.

formula is used with regard to volume of rock, percent porosity, an efficiency factor, and the anticipated density of carbon dioxide at depth (in kg/cubic meter; van der Meer and Yavuz, 2009). According to van der Meer and Yavuz (2009), the efficiency factor is likely to be 0.02 and the density factor can reasonably be assumed to be 700 kg/cubic meter. The percent porosity has been determined previously to be 7% on average. Considering the estimate the volume of the Margaret Creek (above), plus an additional 10% regarding potential open space in the sandstones of the overlying Hill Bank, carbon sequestration volume could potentially be approximately 1,190 million metric tons (MT). At a typical, modern direct air capture facility's output of 0.1 MT per year (IPCC, 2022), this reservoir could accept carbon dioxide for centuries. However, increased output per facility is almost certain to occur in the future. Envisioning possible future changes in MT/year output, there still would be over a century of carbon-sequestration capacity for direct air capture at a very ambitious rate of 10 MT/year within the Corozal Basin.

Discussion of direct air capture

Direct air capture has a critical role in addressing existing and future carbon-dioxide emissions and is a key approach needed to achieve a future of net-zero emissions. Direct air capture works in two ways or 'broad approaches': liquid solvents and solid sorbents. In solvent-based direct air-capture systems, the air is passed through chemicals that remove the carbon dioxide. In solid sorbent approaches, direct air capture systems use physical filters, which chemically bind with carbon-dioxide molecules. In both approaches, subsequent heating and vacuum methods are used to extract the trapped carbon-dioxide molecules. After processing, carbon dioxide-reduced air is returned to the natural system (U.S. Dept. Energy, 2024a). The current downside to direct air capture is its high cost. Removing carbon dioxide from the air requires significant power because only a very small percentage of the atmosphere is made up of the carbon-dioxide molecule. The cost of direct air-capture technology also includes the

costs to store and transport carbon dioxide that has been captured. The U. S. Department of Energy (DOE) and other organizations are working on ways to bring down costs. For example, the DOE has begun a program called 'Carbon Negative Shot initiative,' which is a call for proposals regarding innovation in carbon dioxide-removal pathways, which will operate at billion-ton scales for less than \$100US per metric ton (Sabatino et al., 2021; U. S. Dept. Energy, 2024b). Once technology improves and costs go down to this level, direct-air capture and carbon sequestration of captured carbon dioxide in an area like northern Belize may be practical. There may be many creative ways of financing and maintaining a carbon-capture and carbon-sequestration facility like the one proposed here for northern Belize, and similarly elsewhere in the developing world. Such a facility would add value to the local economy while helping support a more sustainable future for the planet.

A current project that could be a model for a future Belize direct air capture facility is Project Bison in Wyoming. This project, which is headed toward completion in 2030, aims to improve on the current average of 0.1 MT/year output by using modular architecture technology to expand its solid sorbent systems over a wide physical area. The aim of Project Bison is to achieve a 5 MT/year output by 2030. After capture, carbon dioxide is injected into deep brine aquifers for permanent carbon dioxide sequestration (Carbon Capture, 2024). The brines will help mineralize the carbon dioxide for permanent storage (Kaszuba and Janecky, 2009). Once generated, Project Bison's carbon removal credits will be sold in turn to corporations and organizations with net-zero carbon goals who are seeking to offset their unavoidable emissions (Carbon Capture, 2024).

References

Bennaceur, K., D. Gielen, T. Kerr, and C. Tam, 2008, CO₂ capture and storage: A key carbon abatement option: Paris, France, International Energy Agency / Organization for Economic Cooperation and Development, 261p.

Benson, S. M., and L. Myer, 2002, Monitoring to ensure safe and effective geologic sequestration of carbon dioxide: ICPP Workshop on Carbon Dioxide Capture and Storage: Regina, Saskatchewan, 179p.

Carbon Capture, 2024, Project Bison: Casper, Wyoming, 10p. <https://www.carboncapture.com/project-bison>

Chopping, C., and J. P. Kaszuba, 2017, Reactivity of supercritical sulfur dioxide and carbon dioxide in a carbonate reservoir: An experimental investigation of supercritical fluid-brine-rock interactions relevant to the Madison Limestone of Southwest Wyoming: Interpretation, v. 5, no. 4; p. SS43–SS58.

Cohen, K. M., D. A. T. Harper, and P. L. Gibbard, 2023, ICS International Chronostratigraphic Chart, v. 2023/09: International Commission on Stratigraphy, IUGS. <https://stratigraphy.org/chart>

Gill, K. K., D. T. King Jr., H. Zou, and F. Smith, 2018, Sedimentary facies analysis and strontium-isotope stratigraphy of the Hillbank (sic) and Yalbac formations, Corozal Basin, Belize: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 68, p. 229-254.

Griffith, C. A., D. A. Dzombak, and G. V. Lowry, 2011, Physical and chemical characteristics of potential seal strata in regions considered for demonstrating geological saline CO₂ sequestration: Environmental Earth Sciences v. 64, p. 925–948.

Hefny, M., Q. Chao Zhong, O. S. Martin, and E. Anozie, 2019, Synchrotron-based pore-network modeling of two-phase flow in Nubian Sandstone and implications for capillary trapping of carbon dioxide: International Journal of Greenhouse Gas Control, paper no. 103164.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2022: Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change: Contribution of Working Group III to the Sixth Assessment

Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 599p. <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-3/>

Kaszuba, J. P., and D. R. Janecky, 2009, Geochemical impacts of sequestering carbon dioxide in brine formations: Carbon sequestration and its role in the global carbon cycle; American Geophysical Union, Geophysical Monograph Series 183, p. 239-247.

King Jr., D. T., K. O. Pope, and L. W. Petruny, 2004, Stratigraphy of Belize, north of the 17th parallel: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 54, p. 289-304.

King Jr., D. T., and L. W. Petruny, 2012, Northern Belize's onshore petroleum stratigraphy, structure, and oil seeps: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 62, p. 227-242.

King Jr., D. T., and L.W. Petruny, 2013, Stratigraphy of the Margaret Creek formation, Corozal Basin, northern Belize: Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, v. 63, p. 275-283.

King Jr. D. T., and L. W. Petruny, 2023, Revision of the Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy of Belize: GeoGulf Transactions, v. 72, p. 119–140.

Kirchin, A., 2011, Competent person report in the form of a letter of opinion regarding the prospectivity and exploration of the Blue Creek Concessions, onshore NW Belize: Houston, Texas, RPS Energy, 12p.

Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer, eds., 2005, Special report on carbon dioxide capture and storage, in Working Group III, Intergovernmental Panel on Climate Change: New York, Cambridge University Press, 442p.

Michael, K., A. Golab, V. Shulakova, J. Ennis-King, G. Allinson, S. Sharma, T. Alikin, 2010, Geological storage of

CO₂ in aquifers - a review of the experience from existing storage operations: International Journal of Greenhouse Gas Control, v. 4, p. 659–667.

Sabatino, F., A. Grimm, F. Gallucci, M. van Sint Annaland, G. J. Kramer, and M. Gazzini, 2021, A comparative energy and costs assessment and optimization for direct air capture technologies: Joule, v. 5, p. 2047–2076.

Song, J., and D. Zhang, 2019, Comprehensive review of caprock-sealing mechanisms for geologic carbon sequestration: Environmental Science and Technology, v. 47, p. 9–22.

U. S. Department of Energy, 2023, Carbon dioxide removal: Office of Fossil energy and carbon management factsheet, 2p. <https://www.energy.gov/sites/default/files/2023-05/2023CDRfactsheet.pdf.pdf>

U. S. Department of Energy, 2024b, Carbon negative shot: Office of Fossil Energy and Carbon Management web page, 10p. <https://www.energy.gov/fecm/carbon-negative-shot>

U. S. Department of Energy, 2024a, DOE explains direct air capture: Office of science web page, 5p. <https://www.energy.gov/science/doe-explainsdirect-air-capture>

van der Meer, L. G. H., and F. Yavuz, 2009, CO₂ storage capacity calculations for the Dutch subsurface: Energy Procedia, v. 1, p. 2615–2622.

Vivaida, C., M. Loizzo, and Y. Lefebvre, 2009, Building CO₂ storage risk profiles with the help of quantitative simulations: Energy Procedia, v. 2, p. 2471–2477.

LA CUEVA DE LA ISLA CHIMANA GRANDE, VENEZUELA ORIENTAL: RELATO DE MAR Y CALIZA

Jesús S. Porras M.⁽¹⁾, Luis R. Porras M.⁽²⁾

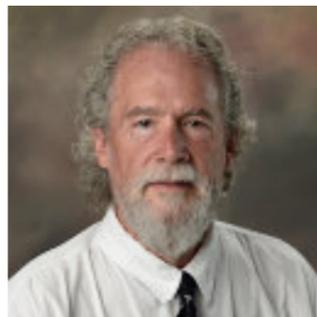
(1) Geólogo Consultor, jsporrasm@gmail.com; (2) Geólogo Consultor, luisrporras@gmail.com



INTRODUCCIÓN

La Isla Chimana Grande, en Venezuela Oriental, reviste una gran importancia científica y turística por la diversidad de formas y estructuras geológicas y sitios de interés geológico existentes en ella. Uno de estos sitios lo representa la cueva Chimana Grande (An.8; SVE, 2001), ubicada en el extremo occidental de la isla (Fig. 1).

En el presente trabajo se muestran algunas de sus características geológicas y espeleológicas, así como también se presentan ciertas consideraciones sobre el potencial de la cueva como Patrimonio Geológico y Geoturístico.



David T. King, Jr. Dr. King's academic research interests are related to stratigraphy and Earth history. In particular, he studies the effects of asteroid and comet impact upon Earth history and the stratigraphic record. In the area of applied research interests, his interests are petroleum exploration and deep subsurface waste disposal (including carbon sequestration). With Hal Levin, he is co-author of an historical geology textbook, *The Earth through Time*, 11th ed. (2017). He currently serves on the Alabama Board of Licensure for Professional Geologists as the representative of his state's academic community, and he is a licensed PG in the states of Alabama, Louisiana, and Texas.

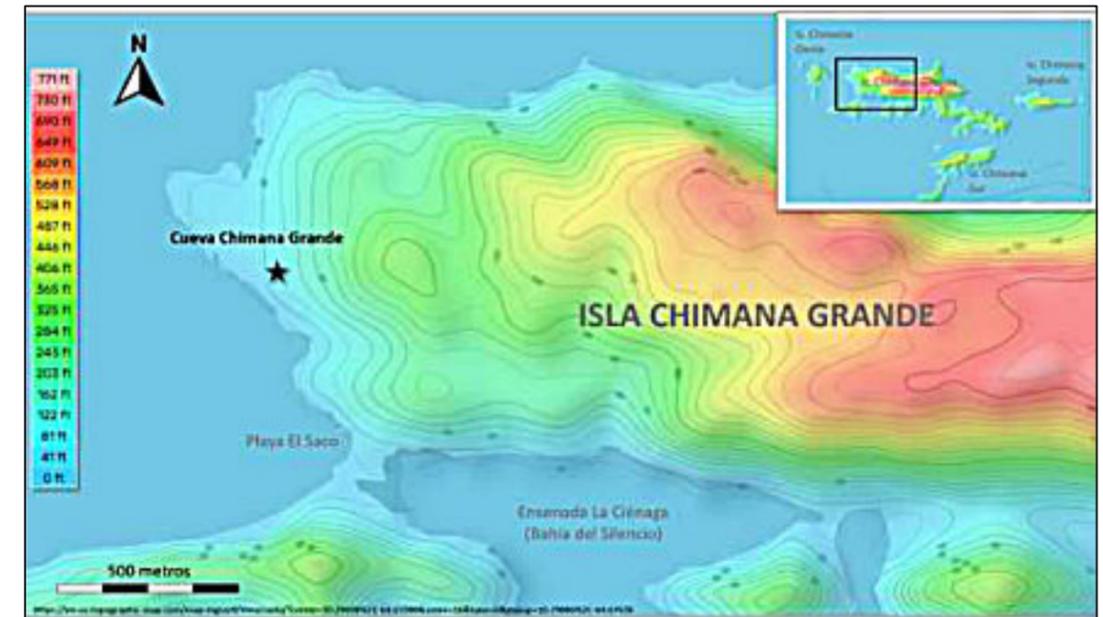


Figura 1. Mapa topográfico de la Isla Chimana Grande mostrando la ubicación relativa de la cueva

TRABAJOS PREVIOS

Los estudios y publicaciones previas sobre la cueva son escasos en la literatura. La Sociedad Venezolana de Espeleología (SVE) publicó en Diciembre de 2001 el Catastro Espeleológico Nacional, identificando la cueva Chimana Grande como An.8 y aportando una breve descripción de su ubicación, un levantamiento topográfico de la misma y algunos elementos distintivos y característicos (Fig. 2a). Cabe destacar que De Bellard Pietri (1969) en el Atlas Espeleológico de Venezuela, había asignado, en el catastro de la época, estas mismas siglas a varias cuevas de Pozuelos, Edo. Anzoátegui, exploradas en fecha 11/12/58, y las localizaba, sin precisar su nombre ni ubicación, en la Urbanización Miramar, a la entrada de Puerto La Cruz y al este de la carretera negra. Asignaba como I-11 a varias grutas de las islas Chimanas.

En el año 2004, el Grupo Espeleológico *Talpa Specus et Monti* de Puerto La Cruz, conjuntamente con el Centro de Investigaciones en Ciencias de la Salud (CICS) de la Escuela de Medicina de la Universidad de Oriente, Núcleo de Anzoátegui, realizó una nueva descripción y levantamiento topográfico de la cueva, presentando varios mapas y cortes de las distintas cavidades y galerías que la conforman (Fig. 2b). En el año 2019, el Profesor e Investigador de la Universidad Central de Venezuela Jonathan Vera, complementa el trabajo de Gregoriani *et al.* (2004) suministrando información reciente, consistente en fotografías e imágenes y datos biológicos, fosilíferos y espeleológicos. Resalta la importancia científica, cultural y turística de esta formación geológica.

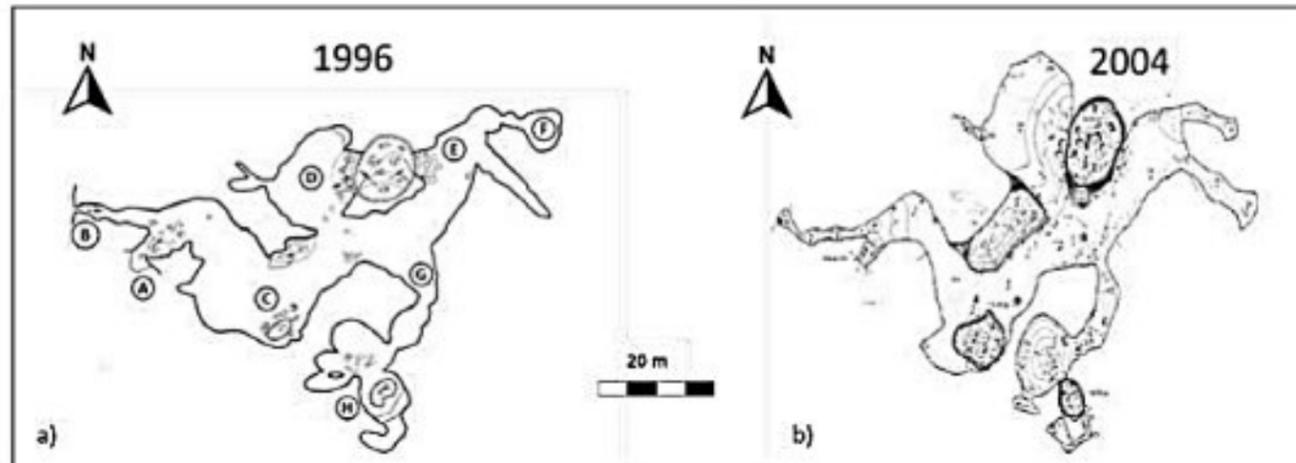


Figura 2. Levantamientos topográficos y vistas en planta de la Cueva Chimana Grande a) Año 1996, por R. Carreño, J. Astort, E. Carreño, V. Urbina b) Año 2004, por T. Gregoriani T., J. Moreno, H. Velásquez, C. Moreno, G. Cárdenas, A. Guarimata, L. De Sousa (Modificado de: a) SVE, 2001 y (b) Gregoriani *et al.*, 2004)

MARCO GEOLÓGICO

Geología General

Según las descripciones de Rod y Maync (1954) y Guillaume *et al.* (1972) en la Isla Chimana afloran las formaciones Barranquín, Borracha y Chimana, de edad Cretácico Inferior y la Formación Querecual del Grupo Guayuta de edad Cretácico Superior (Solórzano, 2005). Caicedo (2018) menciona que al este de la Playa Puinare se encuentra un afloramiento de capas de calizas, marlitas y chert de aguas profundas, identificadas como

Formación Río Chávez de edad Turoniense (Cretáceo) hasta el Selandiense (Paleoceno) (Fig. 3)

La cueva Chimana Grande se encuentra emplazada en rocas carbonáticas del miembro superior de la Formación Borracha del Grupo Sucre, según la descripción original de Rod y Maync (1954), posteriormente identificada por Guillaume *et al.* (1972), en la Isla Chimana Grande, aunque en algunas publicaciones esta unidad litológica es referida como Formación El Cantil (SVE, 2001). De acuerdo con los

rasgos geomorfológicos presentes en el sector de Playa El Saco en el extremo occidental de la isla, y a las observaciones de campo en el área vecina a la cueva, en el presente artículo los autores adoptan la descripción de

la Formación Borracha de Rod y Maync (1954) y Guillaume *et al.* (1972), enmendada por Macsotay *et al.* (1986) y Vivas (1987) - Léxico Estratigráfico de Venezuela LEV (1997).



Figura 3. a) imagen satelital de Google Earth, observando la variación en color de las unidades litoestratigráficas que afloran en la isla b) mapa geológico de la isla (Guillaume *et al.*, 1972) c) imagen 3D de Google Earth donde se observa un paralelismo entre las unidades litoestratigráficas y el relieve topográfico de la isla.

En el extremo norte de Playa El Saco, se pueden observar capas de calizas fosilíferas de hasta 30 cm de espesor, de color marrón, con abundante cantidad de fósiles del género *Ostrea*. Macsotay *et al.* (1986 en LEV, 1997) describen abundancia de rudistas *Caprinuloidea cf perfecta* (Palmer), *Coalcomana ramosa* (Bohm), *Monopleura sp*, *Toucasia sp*, junto con el gasterópodo

Multiplyxis sp. Hacia el sector de la cueva las calizas se hacen más masivas, de color gris, con una menor cantidad de fósiles, y presentan una superficie de tipo lapiaz. En la Fig. 4 se muestran las características geológicas generales de la zona.



Figura 4. a) bloques fracturados de calizas fosilíferas de color marrón b) y c) calizas fosilíferas cercanas al contacto Borracha-Chimana en Playa El Saco d) capas fracturadas decimétricas de calizas de color blanquecino e) entrada a la cueva vista desde su interior

Ambiente Sedimentario y Edad

El ambiente de sedimentación para este miembro de la Formación Borracha es considerado marino somero, con desarrollo de arrecifes y plataformas carbonáticas (Guillaume *et al.*, 1972, Pérez M. y R. Nuñez, 2011). Con base en su contenido faunal, se asigna una edad Albiense temprano para esta unidad litológica (Macsoy *et al.*, 1986 en LEV 1997). Guillaume *et al.*, 1972 indican que la edad de esta formación puede restringirse al intervalo Aptiense superior - Albiense inferior.

DESCRIPCION DE LA CUEVA

Descripción general

La cueva se encuentra ubicada a unos 650 m al noroeste de Playa El Saco, unos 20 m alejado de la costa de la isla. De acuerdo con el levantamiento topográfico de la cueva realizado por Gregoriani *et al.* (2004), se encuentra ubicada en el punto de coordenadas N 10°17'53,6";

W 64°39'59,8" a una altitud de 6,70 metros snm y tiene un desarrollo horizontal de 255,92 metros con un desnivel de - 3 a +14,83 metros. Está desplegada sobre terrenos kársticos de edad Aptiense-Albiense (Cretácico Inferior) pertenecientes al Grupo Sucre, y constituye la cavidad insular de mayor longitud en el país (SVE, 2001; Gregoriani *et al.*, 2004).

El acceso a la cueva es marítimo hasta una capa de caliza que sirve de plataforma de acceso a la isla en ese punto. Desde allí se debe caminar hasta la boca de la cueva sobre una superficie irregular de capas de calizas fracturadas, con abundante presencia de vegetación xerófila. La boca de la cueva tiene unos 2 m de ancho por unos 80 cm de alto. El piso de la entrada está cubierto por bloques de caliza, lo cual dificulta el acceso.

La cueva presenta una galería principal y varias secundarias, así como salones y bóvedas de diversas dimensiones, con alturas variables entre 2-12 metros aproximadamente y áreas también variables. Algunas galerías culminan en arrastraderos de alturas inferiores a un metro. Nuevas cavidades, de muy difícil acceso, se continúan generando por el desprendimiento del techo,

según lo informó el guía local. Varios salones se encuentran semi-cubiertos por bloques multidimensionales y fragmentos de calizas desprendidas del techo.

Las paredes y techo exhiben una diversidad de espeleotemas y están tapizadas por improntas de bivalvos, principalmente.

Rasgos Geomorfológicos

El área donde se localiza la cueva pertenece a un sistema insular montañoso de clima árido y vegetación xerófila. El relieve característico es del tipo kárstico que se desarrolla sobre calizas grises, fosilíferas, levemente

plegadas del Grupo Sucre (Cretácico temprano). Las calizas, de buzamiento al suroeste, están fuertemente diaclasadas y dispersas en bloques formando una morfología y un paisaje muy peculiar.

Se distinguen elementos morfológicos de varias escalas y distinto origen. Las morfologías sub-aéreas (*exokarst*, Andreu *et al.*, 2016) están representadas por lapiaz, simas y depresiones, bloques caídos, fracturados, de tamaño métrico a submétrico, con surcos y oquedades y superficies rugosas y agudas, y por depósitos sedimentarios amarillentos, de grano fino, producto de la alteración y erosión.



Figura 5. Morfologías sub-aéreas de la cueva (*exokarst*). Se observa el relieve característico de los exteriores de la cueva: a) rampa de roca caliza que sirve de acceso por vía marítima a la cueva b) boca de entrada a la cueva c) derrubios de tamaño submétrico y escombros de caliza d) caliza con bivalvos y oquedades.

Las morfologías subterráneas o *endokarst* (Andreu *et al.*, 2016), la conforman cuevas y salones, galerías, espeleotemas, dolinas, coladas, costras, bloques caídos dispuestos caóticamente y suelos conformados por sedimentos finos y guano. Se reporta de coladas, superficies con microgours, costras de fosfatos, estalactitas y columnas de calcita en diversos lugares de

la cueva (SVE, 2001).

Gregoriani *et al.* (2004) observaron derrubio con arcilla solidificada, costras estalagmíticas y precipitaciones carbonatadas. Identificaron además gran cantidad de espeleotemas (estalactitas, capilares, antiestalactitas y cortinas o banderas) y bloques clásticos.

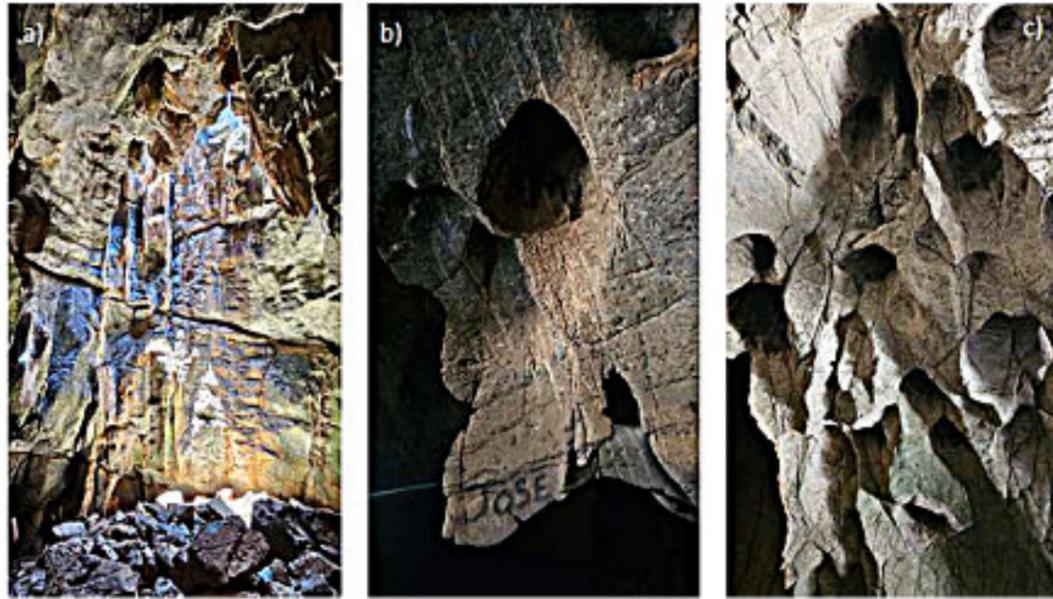


Figura 6. Morfologías subterráneas de la cueva: a) claraboya a aproximadamente 6 m de altura, producto de derrumbe del techo de la cueva b) vetas de calcita c) oquedades y espeleotemas colgantes tipo "banderas"

La cueva está seca e hidrológicamente inactiva, aunque llegan a observarse flujos de agua estacional (Gregoriani *et al.*, 2004) percolada verticalmente a través de la red de fracturas de las calizas.

Espeleotemas

Varios tipos de espeleotemas pueden ser observados en las distintas cavidades de la cueva. Entre los más

abundantes se encuentran coladas de diversos colores y tamaños, cortinas, estalactitas bulbosas y tubulares, y oquedades (amplios orificios circulares en el techo de la cueva). Se observaron fracturas rellenas de calcita y figuras diversas producto de la percolación de aguas meteóricas y la disolución y precipitación de calcita.



Figura 7. a) colada de calcita bautizada por los autores como El Rosario b) vista detallada de la colada El Rosario c) figura fantasmal formada por precipitación de calcita debido a la percolación de aguas meteóricas. Hacia la base se observa graffiti realizado por algún visitante d) colada en forma de manto o "leche de luna", de aproximadamente 2 m de altura (fotos cortesía Karen López P.)

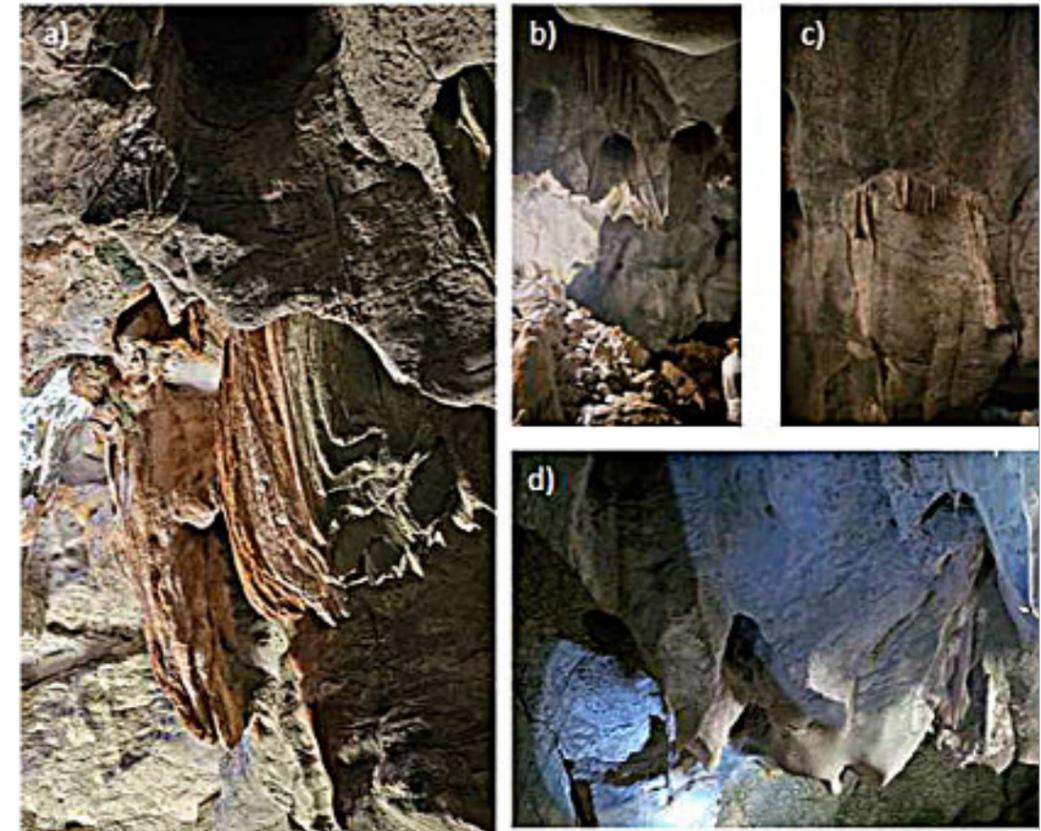


Figura 8. a) coladas de color ocre, similares a las descritas por Galán (2019) b) estalactitas tipo "macarrón" y "estalactitas bulbosas", y espeleotemas colgantes tipo "banderas" c) estalactitas tipo "macarrón" d) estalactitas "bulbosas" de tamaño decimétrico a métrico (fotos cortesía Karen López P.)

PATRIMONIO GEOLOGICO y POTENCIAL GEOTURISTICO

Las características y atributos del lugar, hacen de él un espacio patrimonial, natural, ambiental y visual de características únicas y extraordinarias y representativo de los eventos y procesos geológicos ocurridos en la zona, así como de esparcimiento y recreación. En el primer caso por la rica historia tectono-estratigráfica de la región, por su cercanía a un límite activo de placas; por la presencia de especies fósiles cretácicas y por el origen, evolución y desarrollo intrínseco de la cueva dentro del

contexto geológico e hidrogeológico. Esto incluye el reconocimiento de las morfologías kársticas y espeleotemas presentes, o más comunes.

En el segundo caso, por el uso como lugar de esparcimiento y recreacional dentro de los principios conservacionistas y ambientales y como promotor de la actividad económica e integración de sectores productivos y turísticos locales. La cueva, por lo tanto, reúne sólidos argumentos para su consideración y valoración como sitio de interés geológico.



Figura 9. Vistas del interior de la cueva. a) escombros multidimensionales de roca caliza caídos del techo y paredes b) espeleotemas colgantes tipo “banderas”

Su potencial geoturístico ha sido visualizado también por otros autores. Carreño *et al.* (2018) proponen el uso de las cuevas y grutas venezolanas con fines turísticos, aprovechando la existencia de numerosos atractivos socio-culturales en las regiones donde se han descubierto las distintas cuevas y grutas del catastro nacional. En particular, para la cueva de Chimana Grande, sugieren combinar y complementar las excursiones con eventos y festividades tradicionales y folklóricas, visitas guiadas y actividades turísticas de playa, gastronómicas y sociales. Gregoriani *et al.* (2004) y Vera (2019) reconocen el valor científico y turístico para la región por las características geológicas, biológicas y espeleológicas y por el fácil acceso y poca dificultad del recorrido de la cueva.

La gestión del patrimonio geológico de la cueva de Chimana Grande se fundamenta en el conocimiento, cuantificación, valoración y estimación de las potencialidades del geositio para su aprovechamiento racional, conservación y preservación. Por su susceptibilidad ambiental y fragilidad ecológica, requiere también fijar regulaciones en su uso y la creación de un

grupo especializado para su gestión y administración. Una de las primeras acciones para ello es la determinación y delimitación del área de la cueva y exteriores y establecer su relación con los elementos escénicos, culturales, turísticos y geográficos del Parque Nacional de Mochima y de la región y realizar un inventario de las especies de flora y fauna presentes.

Su función educativa, recreativa o socio-económica estaría definida por sus valores científicos o investigativos, conservacionistas y del desarrollo turístico, respectivamente.

Por las mismas razones, deben establecerse medidas de control, permisos de entrada y regular la carga máxima de visitas y de traslado en bote desde la playa El Saco.

En la cueva hay evidencias de vandalismo gráfico (Fig 6b, 7c) y destrozo de espeleotemas. Para evitar el vandalismo gráfico y el vertido de basura, reportado también en otras cuevas del país (Molinari *et al.*, 2012), la rotura de espeleotemas y para asegurar la conservación de la cueva, ésta debe ser señalizada, vallada y/o balizada y regulado su acceso.

El desprendimiento de rocas y la consecuente creación de nuevos espacios en la cueva es un punto también a considerar. Por razones de seguridad, la accesibilidad externa e interna y tránsito a la cueva se debe mejorar y acondicionar. Se debe suministrar equipo de protección a los visitantes.

La cueva ofrece refugio a varias especies locales de fauna, entre las que se han identificado roedores, reptiles (lagartijas, iguanas y serpientes); arácnidos, incluyendo escorpiones; y murciélagos (SVE, 2001; Gregoriani *et al.*, 2004). Sirve de hábitat a plantas xerófitas. El cuidado a estas especies es imperativo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Ing. Karen López Porras por ceder amablemente algunas de las fotografías, al TSU-Química César García por la logística y preparación de la visita a la cueva y al guía Fidel Núñez, nativo de la isla, por su acompañamiento y orientación.

REFERENCIAS y CONSULTAS BIBLIOGRAFICAS

- Andreu, J.M., J. M. Calaforra, J. C. Cañaveras, S. Cuezva, J. J. Durán, P. Garayu, M. A. García Del Cura, A. García –Cortés, F. Gásquez, S. Ordoñez y S. Sánchez-Mora (2016). *Karst: un concepto muy diverso. Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, (24.1) ISSN (edición impresa): 1132-9157 - (edición electrónica): 2385-3484. 6-20.
- Caicedo D, Giovanni (2018). *Estudio Estratigráfico del Cretácico Superior en el Morro de Lechería y las islas al norte de Barcelona, Estado Anzoátegui, Venezuela*. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Estudios de Postgrados-Maestría en Ciencias Geológicas, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Carreño R., D. Macedo, A. Abraham, F. Martínez, D. Basile y V. Díaz. (2018). *Situación y potencial espeleoturístico de Venezuela*. I Congreso Colombiano de Espeleología y VIII Congreso Espeleológico de América Latina y el Caribe, San Gil, Colombia. pp. 193-201
- De Bellard Pietri, Eugenio (1969). *Atlas Espeleológico de Venezuela*. Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 29 (83): 171 pp.
- Fundación Cueva De Nerja, Instituto De Investigación (2008). *Estalactitas, estalagmitas y otros espeleotemas en la cueva de Nerja*. Rutas de espeleotemas, Guía de la actividad.
- Galán, Carlos (2019). *Coladas estalagmíticas negras y espeleotemas complejas de Todorokita en una sima*

de la Sierra de Urbasa. Laboratorio de Bioespeleología. Sociedad de Ciencias Aranzadi. Alto de Zorroaga, San Sebastián – España. p. 14.

- Gregoriani T., Moreno J., Velásquez H., Moreno C., Cárdenas G., Guarimata A. y De Sousa L. (2004). *Nueva Descripción y Topografía de la Cueva de Chimana Grande, Parque Nacional Mochima, Estado Anzoátegui, Venezuela*. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela, Vol 16, Nº 2: 130-134.
- Gregoriani, T., L. De Sousa, H. Velásquez, A. Hernández, J. Moreno, A. Guarimata, G. Cárdenas y F. Vázquez (2007). *Sima Los Escorpiones, Serranía del Turimiquire, Municipio Sotillo, Estado Anzoátegui, Venezuela*. Saber, Universidad de Oriente, Venezuela. Vol. 19 Nº 2: 183-191.
- Guillaume, H.A., H.M. Bolli y J.P. Beckman (1972). *Estratigrafía del Cretácico Inferior en la Serranía del Interior, Oriente de Venezuela*. Separata de la Memoria IV Congreso Geológico Venezolano. Tomo III. Boletín de Geología. Publicación Especial Nº 5. Ministerio de Minas e Hidrocarburos. Caracas.
- Ministerio de Energía y Minas (1997). *Léxico Estratigráfico de Venezuela*, Tomo I y II (LEV)- Dirección General Sectorial de SERVIGEOMIN, Boletín de geología, Edición Especial Nro. 12. Tercera Edición, Diciembre 1997, Versión Digital Revisado Agosto 2021. M.J. Editores C.A. Caracas.
- Molinari J., Nassar J., Garcia-Rawlins A. y Marquez R. (2012) *Singularidad biológica e importancia socioeconómica de los murciélagos cavernícolas de la Península de Paraguaná, Venezuela, con propuestas para su conservación*. Revista de Ecología Latinoamericana, Vol 17, Nº3, p 1-40.
- Pérez, Manuel y Ranier Nuñez (2011). *Caracterización química de las rocas que conforman las formaciones El Cantil, Chimana y Querecual (edad Cretácico) al suroeste de la Isla Borracha, al norte de Puerto La Cruz, Venezuela*. Trabajo especial de Grado, Escuela de Ciencias de La Tierra, Departamento de Geología, Universidad de Oriente, Núcleo Bolívar, Ciudad Bolívar, Venezuela.
- Rod E. & Maync W. (1954). *Revision of Lower Cretaceous Stratigraphy of Venezuela*. AAPG Bulletin, Vol 38, Nº 2
- Sociedad Venezolana de Espeleología (2001). *Cueva de Chimana Grande, Catastro Espeleológico Nacional*, Boletín SVE No. 35, p 34-35.

Sociedad Venezolana de Espeleología (2001). *Gruta El Saco*, Catastro Espeleológico Nacional, Boletín SVE No. 35, p 35-36.

Solórzano A., Verioska (2005). *Estratigrafía de la Formación Querecual, Isla Chimana Grande, Estado Anzoátegui*. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Departamento de Geología, Universidad Central de Venezuela. Caracas.

Vera, Jonathan A. (2019). *Las Cuevas de la Isla Chimana Grande*, Mochima, Venezuela, 7 pp. <https://peakd.com/mochima/@jonathanaverac/la-cuevas-de-la-isla-chimana-grande-mochima-venezuela> (Acceso 08/05/2024)

Yoris V., Franklin (1990). *Localidades tipo para los Miembros de la Formación Chimana en la Serranía del Interior, Venezuela Nororiental*. GEOS, revista venezolana de Ciencias de La Tierra. Nro. 30. Departamento de Geología, Universidad de Venezuela. Caracas.

Sobre los autores:



Jesús S. Porras M. es ingeniero geólogo de la Universidad de Oriente con Maestría en Ciencias Geológicas de la Universidad Central de Venezuela. Posee amplia experiencia profesional tanto en proyectos de exploración como de desarrollo en reservorios convencionales y no convencionales en Venezuela, Colombia y Argentina. Comenzó su carrera en 1983 como geólogo de operaciones y de producción para empresas estatales y privadas en diversos campos de la Cuenca Oriental de Venezuela. En 1995, se unió a Pérez Companc (luego Petrobras) donde ocupó varios cargos, desde geólogo senior del campo Oritupano-Leona, hasta Gerente Técnico y de Reservorios del campo La Concepción en la Cuenca de Maracaibo.

En 2008 es transferido a Argentina, al Grupo de Operaciones de Geología y Geofísica de Exploración de Petrobras Argentina (luego Pampa Energía) donde trabajó como Technical Advisor por espacio de 10 años, destacando una participación activa en proyectos de no convencionales en la Cuenca Neuquina.

Actualmente se desempeña como Geólogo Consultor Senior liderando grupos de estudios integrados de yacimientos para operadoras nacionales e internacionales.

Su principal interés es la evaluación técnico-económica tanto de áreas exploratorias como de campos maduros, la caracterización de reservorios convencionales y no convencionales, y el monitoreo a proyectos exploratorios, de avanzada y desarrollo.

Es miembro activo de diversas asociaciones profesionales y autor o coautor de más de 40 trabajos presentados en diferentes congresos geológicos nacionales e internacionales y publicaciones especializadas.



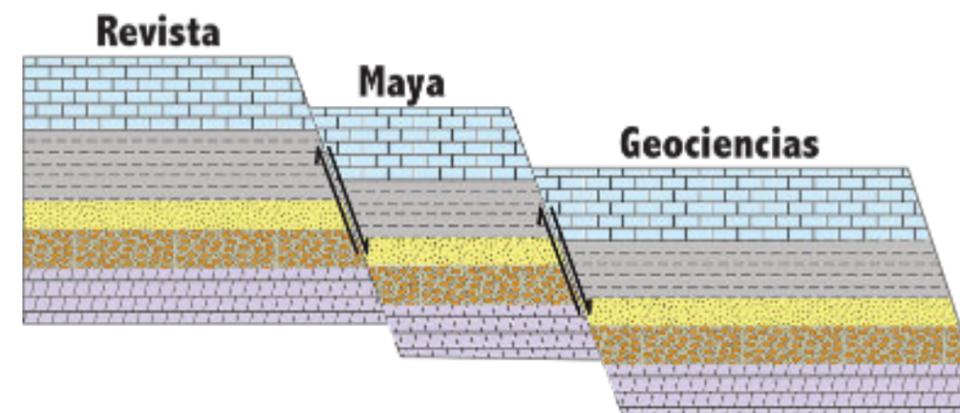
Luis Ricardo Porras M. es Ingeniero Geólogo graduado en 1983 de la Universidad de Oklahoma en Norman, Oklahoma, con Maestría en Geociencias del Petróleo del Imperial College de la Universidad de Londres, Inglaterra. Posee más de 35 años de experiencia profesional en proyectos de exploración de petróleo y gas en varios países de Norte, Centro y Sur América, Australia y Africa.

Comenzó su carrera en 1985 como geólogo de operaciones en la Cuenca Oriental de Venezuela, pasando a geólogo regional e intérprete de información geofísica para PDVSA en Caracas, donde se encargó de la interpretación y evaluación de prospectos en la Cuenca Oriental de Venezuela y en el Caribe Costa Afuera de Venezuela. En 1997 pasó a formar parte del equipo multidisciplinario

de CVP-PDVSA, encargado de la interpretación y evaluación de prospectos en la región costa afuera venezolana para el diseño de futuras rondas de exploración. En el 2001 se encargó de la Gerencia de Geología y Geofísica del Proyecto Plataforma Deltana en la costa atlántica venezolana.

En 2003 comenzó su carrera en la industria privada como geólogo integral para la empresa Vinccler Oil and Gas, trabajando en los campos del Estado Falcón en el occidente de Venezuela. En 2010 se mudó a Bogotá, Colombia, donde ha ocupado varios cargos y tareas como interpretación sísmica, evaluación de prospectos, geólogo de Nuevos Negocios y Gerente de Proyectos Exploratorios, para las empresas Pacific Rubiales Energy, New Stratus Energy y Hocol, S.A.

Actualmente se desempeña como consultor especializado en temas de exploración de petróleo y gas y evaluación de nuevas oportunidades de negocio para la adquisición y desinversión de activos.



La imaginación es el comienzo de la creación. Imaginas lo que deseas, deseas lo que imaginas y, finalmente, creas lo que deseas.

George Bernard Shaw

“De mis libretas de campo en la Sierra Madre Oriental”

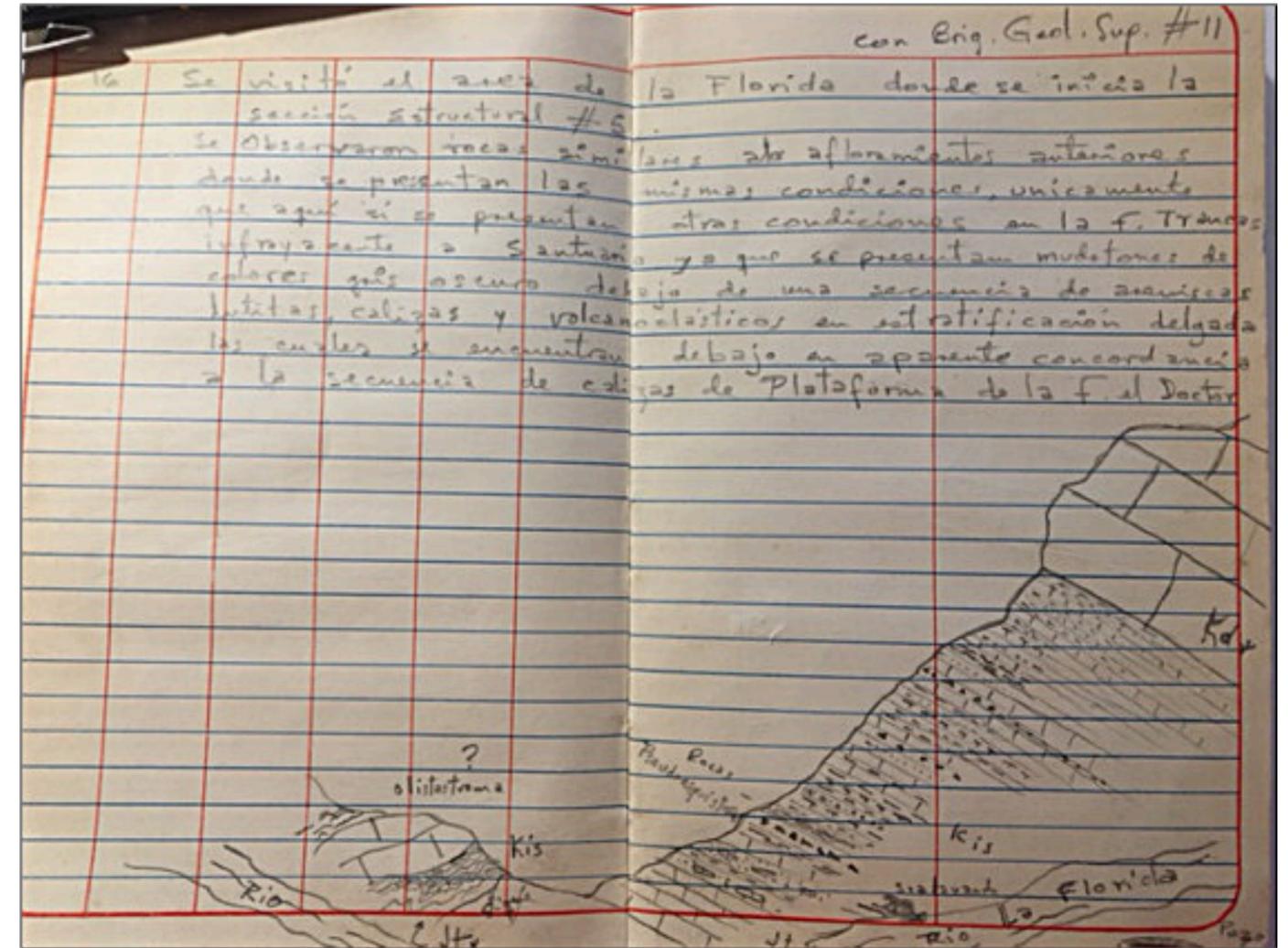
Ing. Rogelio Ramos Aracén

ramosrogelio51@gmail.com



De mis libretas de Campo en la S.M.O.

Mis principales trabajos de Geología de campo, siempre fueron para Pemex Exploración, así me inicié como ayudante midiendo estratigráficamente a la Formación Chicontepec, y registrando las estructuras sedimentarias desde las principales hasta los asombrosos Icnofósiles que fueron clave para interpretar que estas turbiditas se depositaron a más de 3,800 m de profundidad. Posteriormente hice semidetalle estructural y más mediciones estratigráficas en la Plataforma Valles S.L.P., y uno grandioso de Reconocimiento Regional de la Sierra Madre Oriental, cubriendo los estados de Nuevo León y Tamaulipas, donde los paisajes, los sobre esfuerzos a veces inhumanos, me sellaron mi pasión por esas majestuosas montañas, recuerdo cuando subimos el Cerro del Viejo en la región de Zaragoza N.L. donde iniciamos los trabajos como a las 8 am y llegamos a la cima a las 21 pm casi desmayándome, después supe que esa cima fue referencia del navegante español Cabeza de Vaca en su travesía marinas. Y fui jefe de Brigada a partir de 1981 con mi primer proyecto, (del cual pongo aquí mi primer dibujo) y a partir de aquí, continuo haciendo expediciones a la SMO con colegas y a veces solo en las sinuosas áreas de la Sierra Madre Oriental, en la regiones de Tamazunchale, Xilitla, Cd. Valles SLP, en la Sierra de Huizachal Peregrina, y en casi gran parte de la SMO desde Monterrey N.L. hasta Huachinango, Puebla, y también hago expediciones por mi cuenta de las cuales he realizado 3 excursiones para profesionistas y jóvenes pasantes, 2 en la Fm. Chicontepec y otra en las rocas cretácicas y jurásicas de tipo Shales donde tuve gran participación de profesionistas de la U.N.A.M. Y el IPN, Ingenieros Petroleros, Ingenieros Geólogos y pasantes de geociencias y dos doctores uno en Geoquímica y otro en Geofísica.



AREA DE SAN JOAQUIN, QUERETARO.

Cañón del rio La Florida.

Localidad, La Florida, Qro.

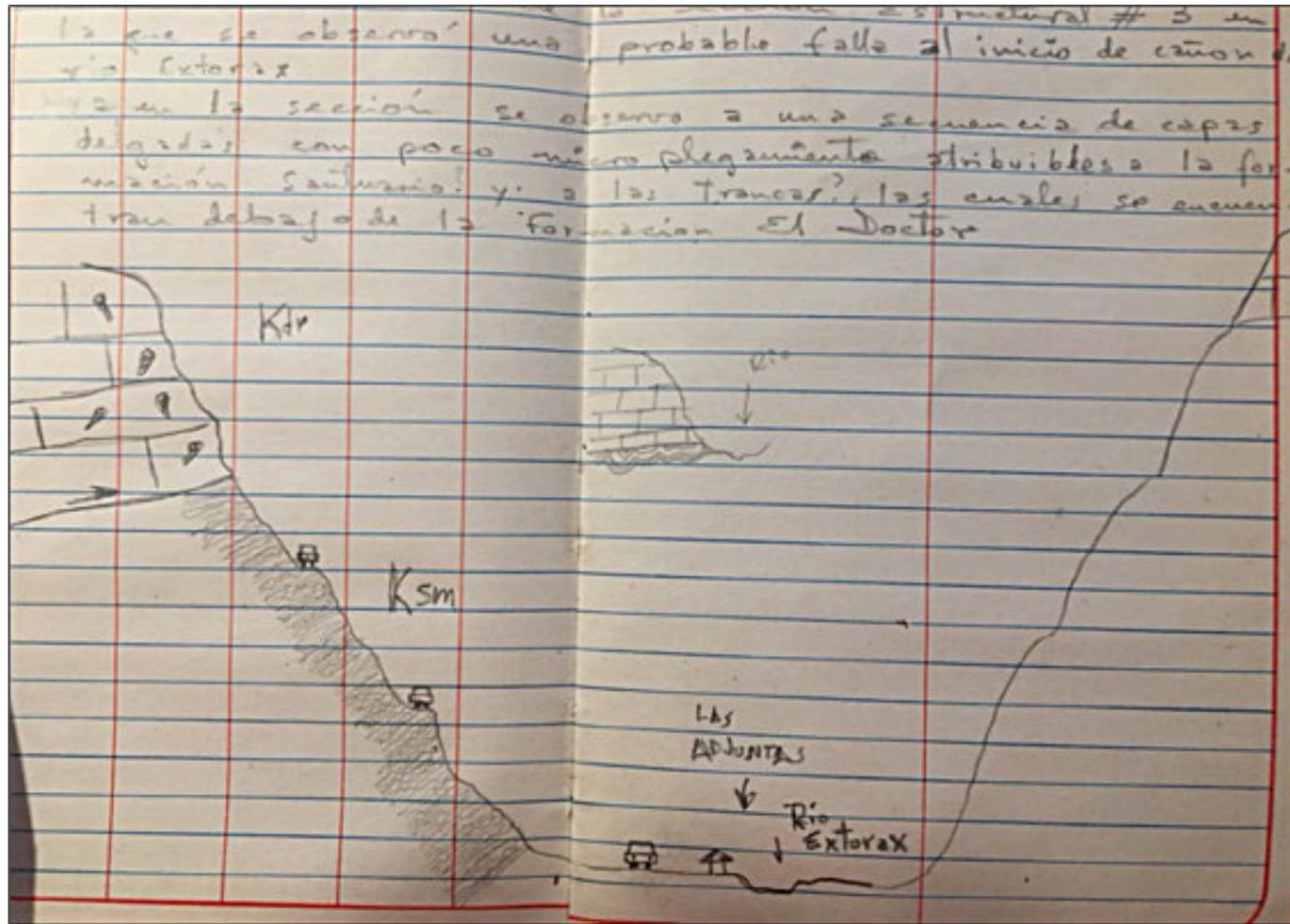
Título, Cañón del Rio La Florida.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo como supervisor de trabajos de Geología de superficie desarrollados por las brigadas geológicas se visitó a la No.11.

En este recorrido se recorrió el área de La Florida, en la cual se observaron secuencias de las formaciones; el Doctor de edad Cretácico Medio, Santuario del Cretácico Inferior y parte de la cima de la Formación Las Trancas de edad Jurásico superior.

Descripción del Dibujo. Como se observa en la figura se tiene el recorrido del trabajo exploratorio en el rio de La Florida, en la que se presentan en la base del afloramiento, a rocas de tipo volcánico representados por una intrusión de un dique y en forma yuxtapuesta se encuentran las rocas de calizas arcillosas tipo mudstones con intercalaciones de lutitas de color gris oscuro a negro en capas intra plegadas del Jurásico tardío de la Formación Las Trancas, estas se encuentran debajo de la secuencia compuesta de capas delgadas de calizas arcillosas, areniscas, lutitas y capas de volcano-clásticos de la Fm. Santuario del Cretácico temprano, y encima de estas secuencias se tiene a las calizas de color gris claro y crema en capas gruesas de la Fm. el Doctor que se presenta en capas de 0.50 a 2 m., con restos de macrofósiles.

Se observa también en el extremo inferior izquierdo de la figura, la presencia de un banco calcáreo entre las secuencias de la Formación Santuario.



AREA DE SAN JOAQUIN, QUERETARO.

Olistolito Las Adjuntas,

Localidad, Las Adjuntas, Cañón del Rio Extorax.

Título, Olistolito Las Adjuntas, Qro.

Desarrollo del trabajo: En los recorridos de campo como supervisor de Geología de superficie de los trabajos desarrollados por las brigadas geológicas se visitó a la No.11.

En este recorrido se visitó el área de la población de Las Adjuntas que se ubica en el área del rio Extorax, donde forma un cañón.

Descripción del Dibujo. En esta figura se visitó un tramo de la sección estructural No. 3 en la cual se observó un posible resbalamiento de un gran bloque de calizas de plataforma de la Formación El Doctor en el inicio del cañón.

Aquí es probable que sea un posible Olistolito. Aunque también podría ser una posible falla.

En estos afloramientos se tiene debajo de estas calizas de plataforma a una secuencia de capas delgadas con algo de micro plegamientos atribuidas a las formaciones Santuario y posiblemente las Trancas del Cretácico temprano y Jurásico tardío, aunque por su grado de alteración podría ser la Mezcala del Cretácico tardío estas secuencias corresponden a rocas de un ambiente sedimentario profundo batial.



Rogelio Ramos Aracén, es geólogo petrolero egresado del IPN, con experiencia en geología de campo en superficie en la SMO y como geólogo de pozos de exploración y explotación.

En su primer proyecto en 1981 denominado El Limón, del área de Ciudad Mante Tamamaulipas. Cambio drásticamente las interpretaciones estructurales de pliegues en abanico, modificándolos por fallas de Cabalgamientos y de desgarre o laterales, trabajo muy polémico en ese entonces, pero años después y ahora ya son conceptos triviales.

Efectuó trabajos de Geología Regional tanto de la Plataforma Valles, como de las regiones de los estados de Nuevo León, Tamaulipas, Querétaro, San Luis Potosí, Hidalgo y Puebla.

Una Invitación inesperada primeramente del Dr. Eduardo Aguayo, me involucra con geólogos internacionales de la SGA y de la AAPG, para excursiones en la región frontal de la SMO, en las sierras de El Abra, Xilitla, Ahuacatlan, Qro., y paso de invitado a protagonista y guía colaborador con los Drs. Paul Enos y Charles Minero con los cuales se convirtió en coautor del Libro *Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico*

Participó en el Simposium sobre Yacimientos Naturalmente Fracturados en Tampico al lado del Dr. Ronald Nelson. y en recorrido de campo a la SMO y curso de sedimentología de siliciclastos con el Dr. Paul Edwin Potter y en secciones regionales de la Cuenca Tampico Misantla con el Dr. A. W. Bally.

Ha impartido conferencias en congresos nacionales y fue invitado y embajador mexicano en el Pabellón Internacional celebrado en el congreso de la AAPG en Dallas Txs. en 1997

Fue Premio Nacional en el 3er Simposium de Exploración de Plays y Habitats de Hidrocarburos en Tampico Tam. en 2007.

Fue presidente de las delegaciones de Tampico y CDMX de la AMGP, en los bienios 1998-1999 y 2018-2020 respectivamente, y recientemente ex candidato a la presidencia nacional de la AMGP

Laboro en Pemex exploración, en el IMP como asesor y consultor con Ingeniería de Perforación de Pozos en las regiones del SE y N., y como analista sedimentológico del Jurásico Superior, recientemente ha efectuado trabajos como asesor con algunas empresas del sector energético en algunos de sus proyectos o adjudicaciones.

Co Autor del Libro

Paul Enos, Charles Minero, Rogelio Ramos Aracén. *"Sedimentology and Diagenesis of Middle Cretaceous Platform East Central Mexico"*, AAPG GUIDE BOOK FIELD TRIP AAPG DALLAS ANUAL CONVENTION 1997

Principales Conferencias Impartidas.

EN CONVENCIONES NACIONALES DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA, en los años:

1984 "LOS CABALGAMIENTOS EN LA REGIÓN DE CD. MANTE TAM." VI CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICO MEXICANA EN EL HOTEL MA. ISABEL SHERATON EN MÉXICO, D.F.

1986 "EL ORIGEN DE LAS CONCRECIONES EN LA FM. LA CASITA" VII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICO MEXICANA EN EL IMP EN MÉXICO, DF.

1988 "LOS OLISTOLITOS DE LA FM. EL DOCTOR EN EL ÁREA DE ZIMAPAN, HGO". VIII CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN LA CFE EN MÉXICO, DF.

1990 "DEFORMACION ESTRUCTURAL EN EL FRENT DE LA SMO ÁREA, XILITLA, TAMAZUNCHALE, SLP". IX CONGRESO SOCIEDAD GEOLÓGICA MEXICANA EN EL AUDITORIO BRUNO MASCANZONI DEL IMP EN MÉXICO, DF.

1992 "EXPLORACION DE PETROLEO ASOCIADO A EL FRACTURAMIENTO REGIONAL EN LA PLANICIE COSTERA" X CONGRESO SOCIEDAD GEOLOGICA MEXICANA EN EL CENTRO DE CONVENCIONES "EXPOVER" EN EL PUERTO DE VERACRUZ, VERACRUZ.

2021 "LA INVASIÓN MARINA SOBRE LOS BORDES CONTINENTALES DESDE EL CALLOVIANO AL KIMMERIDGIANO EN EL ORIENTE Y SURESTE DE MÉXICO. CDMX VIA ZOOM.

2021 "PRINCIPALES OROGENIAS EN MÉXICO CON CATACTERICAS GEOLOGICAS. ESTILOS ESTRUCTURALES, CRONÓLOGIAS". CDMX. VIA ZOOM

Remarks on: J.R. Ali and S.B. Hedges, 2024. Paleogeography of the Aves Ridge and its potential role as a bio-colonization pathway linking South America and the Greater Antilles in the mid-Cenozoic, *Earth-Science Reviews* (2023), <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2024.104823>

M. A. Iturralde-Vinent (1) and R.D.E. MacPhee (2)

(1) Cuban Academy of Sciences Cuba 360, La Habana Vieja, La Habana, Cuba. email: maivcu@gmail.com; (2) American Museum of Natural History 200 Central Park West, New York, NY 10024, USA. email: macphee@amnh.org.

GAARlandia was originally proposed as a Late Eocene-Early Oligocene peninsular projection of northeastern South America, involving the Aves Ridge and the Greater Antilles. The biological importance of this paleogeographic feature was conceived to be its potential for facilitating the colonization of the Greater Antilles by South America biotas (Iturralde-Vinent and MacPhee 1999). This hypothesis has triggered a useful debate within the biological community, with much less attention being given to it by the geological community. Exceptions include several papers by Jason Ali and Blair Hedges (Hedges 2006; Ali 2012; Ali and Hedges 2021, 2024).

In their most recent paper, Ali and Hedges (2024) have gone to considerable lengths to review our papers regarding the paleogeography of the Caribbean during the Cenozoic and its significance for understanding the origin of the Greater Antillean biota. In doing so they have defined a number of issues that they regard as of sufficient moment to justify the rejection of the GAARlandia hypothesis. This is not the place to offer a detailed reply, and we recognize that there are several interesting challenges to our hypothesis which have been enunciated by these authors as well as by others. However, we think it is appropriate to respond to the following points that relate directly to paleogeography:

1. Ali and Hedges remark that “However, since the idea <GAARlandia> was first put forward in the mid-1990s, significant confusion has arisen over various statements on the feature, in particular the mechanisms that led to its emergence, the period when it supposedly operated, where along the margin of South America its southern end connected, and conflicts with its geographical configuration as described using words and on charts.” Neither Ali nor Hedges have been involved in original research on Caribbean tectonics and the evolution of its landforms during the Cenozoic, and perhaps for this reason they do not appreciate how complicated the Caribbean region is, nor the degree to which new data and interpretations have affected prior interpretations. The GAARlandia hypothesis, proposed almost 30 years ago (MacPhee and Iturralde-Vinent 1995), has required revision by us from time to time as new information has appeared in the technical literature. We would argue that, in the main, new data sources have tended to support our paleogeographic concept of GAARlandia, as most recently summarized by Iturralde-Vinent and MacPhee (2023). We fully expect to continue to refine the concept in future years, as this is the way in which science advances.

2. GAARlandia evolved in concert with the tectonic development of the entire Cenozoic Caribbean basin. Developmentally, GAARlandia includes not only the Aves Ridge (Figure 1) was “topped with scattered carbonate platforms and coral atolls” at a later time, long after the end of its uplift phase, is to completely overlook this point. To assert that “we find no support for high-elevation islands, with their accompanying diverse habitats” is simply wrong. All of the northern Greater Antilles—part of the Great Arc of the Caribbean, and therefore GAARlandia—have been “high-elevation islands” at least since the end of the Eocene. Furthermore, available data (dredge samples, seismic profiles and drill cores) support the argument that uplift occurred along the Aves Ridge

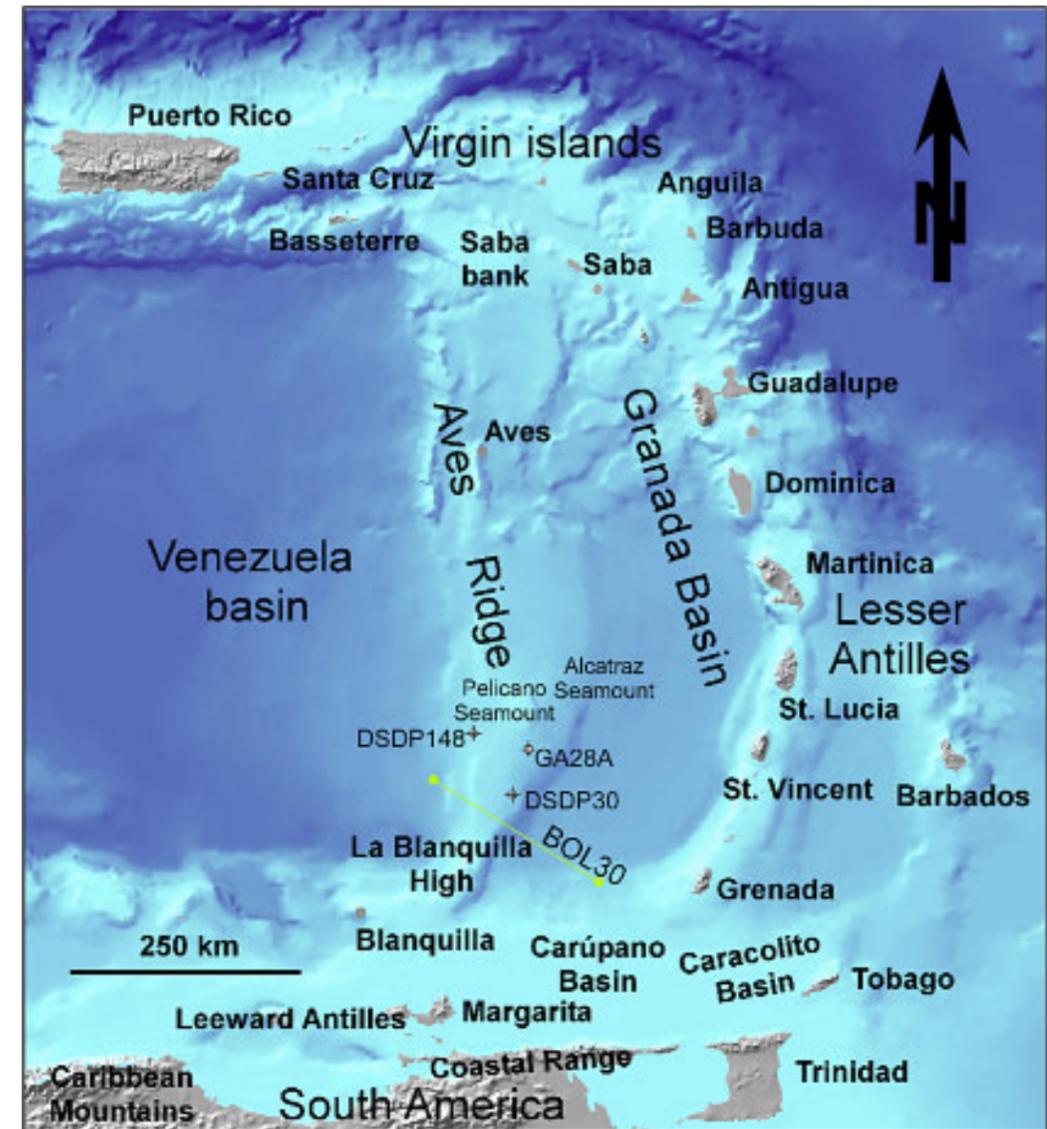


Figure 1. The eastern Caribbean area (Adapted from Iturralde-Vinent and MacPhee 2023).

section as well since the Middle Eocene (Iturralde-Vinent and MacPhee 2023). The evidence for this is abundant, and includes the presence of unconformities and hiatuses in the Virgin Islands, Saba Bank, Pelicano Seamount, DSDP 148, DSDP30, BOL30, Blanquilla high, Leeward Antilles, Margarita Island, Carupano and Caracolito basins and Northern South America, as detailed by Iturralde-Vinent and MacPhee 1999 and 2023 (Figure 1). Furthermore, Late Eocene-Oligocene land-derived clastic sedimentary rocks (including possible weathering clasts) recovered from well cores and dredge samples along the Ridge clearly indicate subaerial exposure and support emergence as we postulated in 1999. Ali and Hedges’ “Aves Ridge Reef Belt”

imagines a scene with scarcely any elevation, which is inconsistent with the known facts.

3. For unexplained reasons, Ali and Hedges undervalue the effect that substantial sea level drawdown during the Eocene-Oligocene transition would have had on their “replacement” model (see for example Houben et al. 2012, Hutchinson et al. 2021, De Lira Mota et al. 2023; Rull 2023; Haq and Ogg 2024). In our GAARlandia model, positive areas (shallow marine, lowlands and mountains) situated along the future Greater and Lesser Antilles, Aves Ridge, Leeward Antilles, and South American coastal areas enabled the brief formation of a peninsula and therefore a dryland route for those taxa that used it. This in no way

would have affected other elements dispersing by other means, such as rafting, as we have consistently noted in our papers. Ali and Hedges are creating a controversy where none need exist.

4. Ali and Hedges analyzed the relationship between the Aves Ridge and South America, finding that “unfortunately, an estimation <of the contact area> cannot be made for Iturralde-Vinent and MacPhee (2023), because the relevant map lacks latitude and longitude markers” (obviously they missed figure 24 of Iturralde-Vinent and MacPhee 1999, page 92); and underlined that “different specific offsets of 8.0°, 8.3°, 8.4°, 8.5°, 8.8°, 9.9°” have been presented by several authors. They concluded that a ... “number of the studies indicate that the more westerly connection area on South America, which is close to the Paraganá Peninsula had complex land-sea patterns due to the sub-region then being tectonically active”.

Ali and Hedges seemingly do not understand that plate tectonic reconstructions are by necessity vague and conceptual. They can vary according to the information used, such as crustal extension, terrane accretion, structural deformation, subduction, thrusting and local

vertical movements. In the case of our reconstructions, we choose not to indicate a specific point of Aves-SA contact, because given a range of three million years (35-32Ma), the southern tip of Aves Ridge, sliding transpressively along the South American continental margin, would have had plenty of opportunities for physical contact. When and where it did exactly, however, is beyond detailed reconstruction at this point; but Iturralde-Vinent and MacPhee (1999, their figure 24) suggested the area of the continental margin facing the Caribbean mountains, a reconstruction generated using the program PLATES (Institute for Geophysics, University of Texas at Austin).

What is more important, and what we did, was to consult the literature on the stratigraphy of the Aves Ridge and SA margin, in search of unconformities, hiatuses, paleosoils, and evidence of clastic deposition around the time of the Eo-Oligocene transition (EOT). We found many stratigraphic indicators of uplift and erosion during the EOT and dutifully reported them (Iturralde and MacPhee 1999, 2023; Iturralde-Vinent 2006). This suggested to us that a plausible case could be made for GAARlandia serving as a connector between South America and the Greater Antilles, as we illustrated in our paleogeographic map (Figure 2).

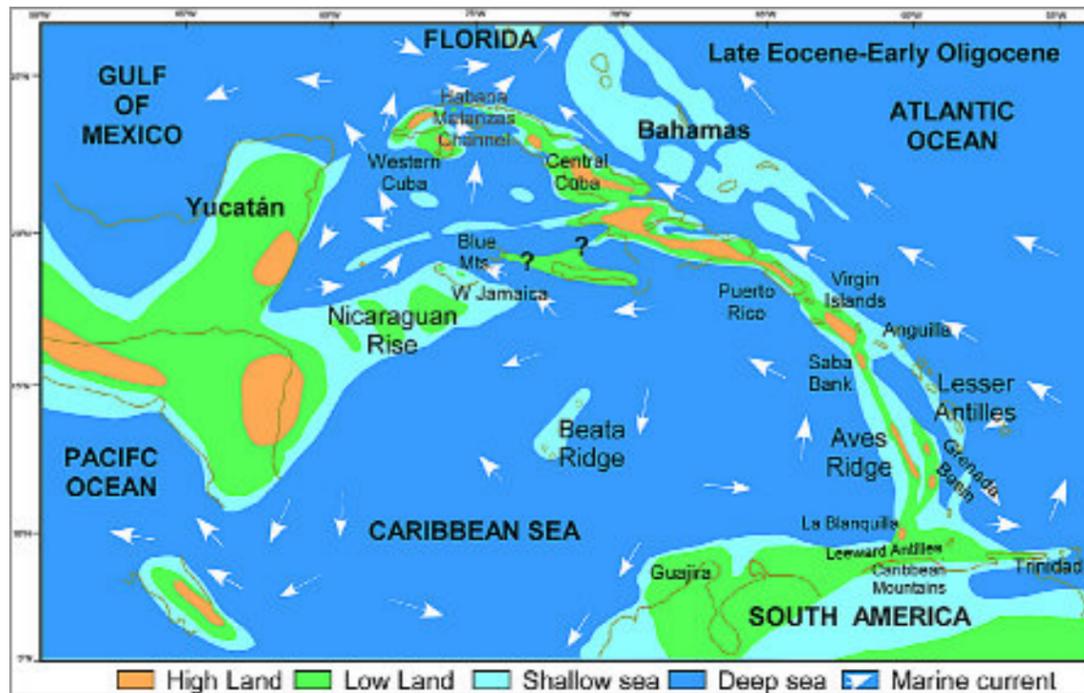


Figure 2. Caribbean EOT Paleogeography (Adapted from Iturralde-Vinent and MacPhee 2023, with coordinates).

Conclusions

Perhaps it would be helpful for our readers to quote exactly what was said at the end of our most recent paper: “The **ridgecrest** of the Aves Ridge was a positive topographic feature from the middle Eocene to the early Miocene. Furthermore, the bulk of the available evidence continues to favor the interpretation that GAARlandia was emergent, at least during the late Eocene-early Oligocene transition, between 35 and 32Ma. Whatever the fine details of its subaerial history, Aves Ridge operated as a filter, not as a wide-open corridor for the unimpeded dispersion of land biota of all kinds from South America into the Greater Antilles (Iturralde-Vinent and MacPhee 2023).”

References

- Ali, J.R., 2012. Colonizing the Caribbean: is the GAARlandia land-bridge hypothesis gaining a foothold? *J. Biogeogr.* 39, 431–433.
- Ali, J.R., Hedges, S.B., 2021. Colonizing the Caribbean: new geological data and an updated land-vertebrate colonization record challenge the GAARlandia land-bridge hypothesis. *J. Biogeogr.* 48, 2699–2707.
- De Lira Mota, M.A., D. Jones, T., Sulaiman, N. et al. Multi-proxy evidence for sea level fall at the onset of the Eocene-Oligocene transition. *Nat Commun* 14, 4748 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39806-6>
- Garrocc, C., et al., 2021. Genetic Relations Between the Aves Ridge and the Grenada Back-Arc Basin, East Caribbean Sea. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* Volume 126, Issue 2 e2020JB020466 .
- Haq, B.U., and Ogg, J.G., 2024, Retraversing the Highs and Lows of Cenozoic Sea Levels: *GSA Today*, v. 34, p. 4–11, <https://doi.org/10.1130/GSATGG593A.1>.

- Hedges, S.B., 2006. Paleogeography of the Antilles and origin of West Indian terrestrial vertebrates. *Ann. Missouri Botanical Garden*, 93: 231-244.
- Houben, A. J.P., C. A. van Mourik, A. Montanari, R. Coccioni, H. Brinkhuis, 2012. The Eocene–Oligocene transition: Changes in sea level, temperature or both? *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. Volumes 335–336, 1 June 2012, Pages 75-83.
- Hutchinson, D. K. et al., 2021. The Eocene–Oligocene transition. *Clim. Past*, 17, 269–315, 2021 <https://doi.org/10.5194/cp-17-269-2021>
- Iturralde-Vinent, M.A., 2006. Meso-Cenozoic Caribbean paleogeography: implications for the historical biogeography of the region. *Int. Geol. Rev.* 48, 791–827.
- Iturralde-Vinent, M.A. and MacPhee, R.D.E., 1999. Paleogeography of the Caribbean region, implications for Cenozoic biogeography. *Bulletin of American Museum Natural History*, (238): 1-95.
- Iturralde-Vinent, M.A. and MacPhee, R.D.E., 2023. New evidence for late Eocene-early Oligocene uplift of Aves Ridge and paleogeography of GAARlandia. *Geologica Acta*, 21.5, 1-10. DOI: 10.1344/GeologicaActa2023.21.5
- MacPhee, R.D.E. and Iturralde-Vinent, M.A., 1995. Origin of the Greater Antillean land mammal fauna. 1, new Tertiary fossils from Cuba and Puerto Rico. *Amer. Mus. Nat. Hist. Nov.* 3141, 1–30.
- MacPhee, R.D.E. and Iturralde-Vinent, M., 2005. The interpretation of Caribbean paleogeography: reply to Hedges. In: Alcover, J.A., y Bover, P., (Editors). *Proceedings of the International Symposium: Insular Vertebrate Evolution: The Paleontological Approach* Monografies de la Societat d'Historia Natural de les Balears, 12, 175-184.
- Rull, V., 2023.2023. Rise and Fall of Caribbean Mangroves. doi:10.20944/preprints202301.0380.v3

Dear Manuel and Jason,

This is a fascinating topic, and I thank you both for including me in your communications, and I thank Jason for sending his pre-print ahead of publication. This discussion started for me during a conversation at a conference with Charles Woods in 1982, who explained to me that rodents were exchanged between the Americas in the Eocene. I suggested to Charles that it might have occurred along the Aves Ridge, which was the only emergent or shallow connection shown on my maps at that time (Pindell and Dewey, 1982), where I cited Charles for the basic story about the exchange. MacPhee and Iturralde later explored the idea far more seriously, formally naming the land connection as part of their analysis.

Jason, I tend to agree with Manuel that our state of understanding the paleogeography is less precise than one would hope it should be! For me, Gaarlandia is a CONCEPT that almost certainly is true, at least intermittently over the period under discussion. And let's not forget that the two sides of a discussion like this might not be a case of just one or the other being right, because both could be right. Large parts of the Aves Ridge may have been subaerial, whereas marine gaps between them might have involved dispersal mechanisms such as rafting.

Unfortunately, we do not know exactly where the Aves Ridge abutted South America at a specific time due to uncertainties in reconstructing some of the smaller terranes strewn out along the southern Caribbean plate boundary zone. But a mere 200 km discrepancy among models does not matter; the concept remains true. Likewise, defining causes for uplift is also necessarily vague, because the Eocene was a time of plate reorganisation and uplift across the entire Caribbean and around much of the globe. The terms "Laramide" or "early Alpine" are commonly applied wherever uplift is documented. Furthermore, it should be no surprise that the state of subduction in the eastern Caribbean may have become intermittently "compressive", in the sense of Dewey (1980), which could and probably did drive intermittent uplift of the Aves Ridge through the Cenozoic. With such regional controls operating, normal expectations of uplift and subsidence almost become secondary.

I look forward to learning more about this in the years ahead, but I thank you both for your efforts on the topic. It is always fun to see how plate tectonics impacts other forms of research, and how other forms of research can rely on plate tectonics.

Dr. James Pindell
Director, Tectonic Analysis Ltd (UK)
jim@tectonicanalysis.com
www.tectonicanalysis.com
Chestnut House, Burton Park
Duncton, West Sussex GU28 0LH UK
44 (0) 755 407 3210 mobile
Adjunct Professor, Rice University



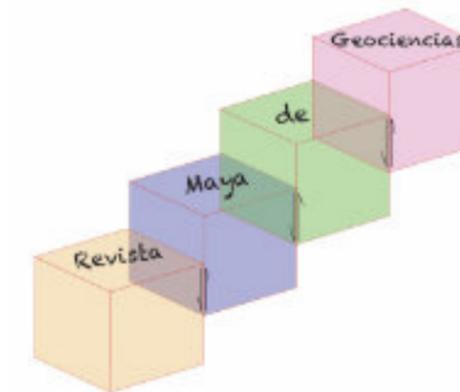
Manuel A. Iturralde-Vinent. Academic emeritus and Doctor in Geological Sciences. Has conducted geological and paleontological expeditions to the Greater Antilles, Central and South América. His leading interests are geology, paleontology, paleogeography and risk assessment. Published several contributions to the paleontology, paleogeography and origin of the Antillean biota.

<https://www.academiaciencias.cu/es/membresia/manuel-antonio-iturralde-vinent>



Ross D. E. MacPhee. Curator Emeritus, Department of Mammalogy, Division of Vertebrate Zoology, American Museum of Natural History. Has conducted paleontological expeditions in many parts of the world, including both polar regions. His leading interests are paleoproteomics, extinction, and cranial developmental morphology. Published several contributions to the paleontology, biogeography and origin of the Antillean biota.

<https://www.amnh.org/research/staff-directory/ross-macphee>



Hay una mujer al principio de todas las grandes cosas.

Alphonse de Lamartine.

EL APORTE ARGENTINO EN LA PALEONTOLOGÍA DE VERTEBRADOS EN VENEZUELA, 1975-1980

José Antonio Rodríguez A. y Marianto Castro Mora

A MODO DE PRÓLOGO

Esta breve reseña está dedicada a dos paleontólogos de excepción, extraordinarios seres humanos, pilares en la investigación, la docencia y el campo profesional en Venezuela durante los cinco productivos años en que les tocó hacer vida en este país.

Exponemos las razones de su llegada al país, así como mencionar los trabajos que permitieron una evolución en temas geo-paleontológicos vernáculos. Tal actividad fue realizada desde dos frentes de estudio e investigación: las aulas de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela y el Ministerio de Energía y Minas, División de Exploraciones, nombre con el cual figura en la síntesis bibliográfica que acompaña el presente ensayo.

No se trata de una biografía más, este camino ha sido transitado detalladamente por sus biógrafos como es el caso de Carrera, M. (2015) para J. L. Benedetto y una nota de Beatriz Waisfeld *et al.*, (2012) para Teresa María Sánchez. En todo caso, los accesos biográficos digitales existentes son muy prolijos recomendando su búsqueda y lectura. Nos hemos limitado, sí, a tomar datos aislados de su “historia viva” y disponer de ellos para abordar algunas rutas poco conocidas de la familia Benedetto-Sánchez, su obra y anécdotas.

Los datos aquí empleados han sido facilitados en intercambios epistolares con colegas de profesión: Juan Humberto Ríos, Raúl García Jarpa, Santosh Ghosh, con el añadido del propio Dr. Benedetto.

DOS PROFESIONALES VENIDOS DEL SUR

Juan Luis Benedetto, *Gianluigi*, de acuerdo a su gentilicio, nace en Italia en 1945 y Teresa María Sánchez en Pehuajó-Buenos Aires, República Argentina, en idéntica fecha, 1945. Juan Luis aún activo es egresado de la Universidad Nacional de la Plata en 1968 como licenciado en Paleontología. En contraste, Teresa María Sánchez (1945-2011); su esposa, lamentablemente fallecida hace 13 años, recibiría su título en Zoología en la misma casa de estudio, la Universidad Nacional de La Plata.

El reflejo de la realidad y su vida en Venezuela

Cualquier manifestación de lo que pudiera ser la realidad termina siempre en el campo infinito de la política. Y en efecto, al inicio de los años 70's entrarían políticas sobrevenidas en la Argentina con desmanes de cualquier índole entre los años 74-75 en la que se permitía casi todo y se oía con insistencia sus nombres, dado el ejercicio de la docencia. La vida universitaria se les haría virtualmente imposible, emprendiendo así el exilio primero a Bolivia y luego a Venezuela, donde llegarían en Diciembre de 1975.

En un artículo elaborado como suerte de compendio de reminiscencias (Benedetto, J. L., 2015) y tras el viaje que los trajo al país, expresó:

“Venezuela, un país socialdemócrata, donde en todas partes se respiraba un aire de libertad, al cual no estábamos acostumbrados. Las perspectivas laborales eran buenas pues *Teresa fue contratada casi de inmediato como profesora de Paleontología* en la Universidad Central de Venezuela (1976/77 o en su última etapa caraqueña 1979/1980) (Benedetto, *dixit*, 2024) y *yo tenía una promesa del geólogo y Dr. Alirio Bellizzia*. (1920-1997), director del Ministerio de Energía y Minas, MEM, para trabajar como paleontólogo en esa institución, que en la práctica oficiaba de Servicio Geológico”. Huelga decir, que los primeros meses fueron según sus palabras difíciles y complejos en todo sentido, pero contaron con la solidaridad y el apoyo de muchos argentinos y chilenos agrupados en un comité de solidaridad en el exilio que les prestó ayuda.

No dejó el profesor Benedetto de recordar a Raúl García Jarpa “su contacto con Venezuela” desde la época del MEM-Caracas al MEM-Mérida y en forma idéntica al desaparecido Oscar Ódreman con quien compartió su paso por la misma entidad gubernamental. Ódreman, fallecido en 2011, venezolano y natural del estado Bolívar, se graduaría de paleontólogo en la Universidad Nacional de la Plata en Argentina, doctorándose en Ciencias Naturales en 1968 en esa misma casa de estudios, donde llegaría a ser docente llevando consigo las circunstancias políticas sobrevenidas y viéndose en el menester de tener que regresar a Venezuela.

LAS FUNCIONES DE LOS BENEDETTO-SÁNCHEZ EN EL PAÍS

Juan Luis y Teresa María tuvieron tras el exilio un cambio radical en la temática de sus investigaciones.

Juan Luis expresará de sus inicios vernáculos: “*Al principio mi función era redactar informes sobre el variopinto material paleontológico que traían los geólogos de campo en los que debía precisar la edad y el ambiente de las formaciones. Un día me entregaron un lote de braquiópodos de los Andes de Mérida para que determinase su edad. Grande fue mi sorpresa al comprobar que la fauna era definitivamente Devónica y que rocas de esta edad eran desconocidas en la región andina*”.

Al venir su supervisor [a quien no identifica] le dice: “*Mira chico, hay 2 posibilidades: o encontraron el Devónico en los Andes merideños o esta fauna no es de allí sino de la Sierra de Perijá y hay un error en la etiqueta*” la fauna había sido encontrada en el conocido Grupo Río Cachiri de la Sierra de Perijá. Posteriormente sabría que estaban poniendo a prueba sus conocimientos.

En 1977, le surge a Juan Luis la posibilidad de un traslado a la ciudad de Mérida, al suroeste de Venezuela, y como quiera que la cotidianidad de la pareja era bastante caótica en ciudad capital de Caracas, ambos aceptarán la oferta.

El jefe regional de ese entonces era el geólogo Raúl García Jarpa quien hasta 1985 trabajaría principalmente en cartografía geológica de los Andes. Ambos entablan una muy buena amistad que perdura hasta tiempos actuales.

Benedetto aprovechará tiempo y estancia para publicar artículos de paleontología junto a Oscar Ódreman entre los cuales menciona especialmente un trabajo sobre *la paleoecología de la Formación Palmarito de edad Pensilvánica-Pérmica* (Benedetto, J. L. y Ódreman Rivas, O., 1977) el cual según sus palabras:

“*marcó mi reencuentro*” con los invertebrados marinos Paleozoicos que había comenzado a estudiar en Salta, Argentina, previo al exilio venezolano (Benedetto, J. L., *dixit*, 2015).

Será Ódreman, en sus labores como geólogo de la región MEM-Mérida, junto a Armando Useche, el ingeniero de minas Marcos Ramírez y la geógrafa Rosa Ramírez entre otros, quienes serán los artífices del proyecto original de la carrera de Ingeniería Geológica en la Universidad de los Andes, ULA, ello sin mencionar a los profesores de la propia universidad. (R. García Jarpa, *com. escrita*, 2024). Esta ocasión es aprovechada por Teresa para asesor y ser participante en la elaboración del proyecto para la creación de la carrera antes mencionada, y luego, en el diseño de su plan de estudios (Waisfeld, B. *et al.*, 2012).

Como dato curioso, en sus publicaciones venezolanas, Juan Luis figurará en algunas de ellas como G. Benedetto (*Gianluigi*), y más de uno debió creer que era otra persona.

Benedetto durante su estancia merideña evoca un particular hecho: una de las *zonas geológicamente menos exploradas de Venezuela era la Sierra de Perijá*, cercana a 200 km de longitud y ubicada al oeste del Lago de Maracaibo, estado Zulia, cuya divisoria de aguas forma el límite con la República de Colombia. Uno de los objetivos del otrora Ministerio de Energía con la participación de las coordinaciones regionales y las instrucciones de la Dirección de Geología en Caracas, era levantar las hojas geológicas de esa serranía y, dado que allí afloran rocas del Devónico, Carbonífero y Pérmico muy fosilíferas, se resolvió asignarlo a los grupos de trabajo en el terreno, conformadas por geólogos venezolanos, franceses y chilenos. Y tras ello, no solo se dedicaría junto al grupo a la investigación y a la “aventura” que significa entrar en territorio inexplorado, sino que se sentaron las bases para futuros estudios. Es así, como en la actualidad, la Sociedad Venezolana de Espeleología, tiene en su haber unas cuantas visitas a Perijá, que, si bien pueden tener una orientación diferente, lleva entre sus filas a geólogos experimentados gracias a estos estudios pioneros en esta zona.

Una situación especial se vivió en los tiempos de Benedetto en Perijá, quien tuvo que emplear, junto a su grupo, para sus estudios, los servicios de un helicóptero tipo Bell, a ser utilizado para el levantamiento de las partes altas de la serranía. El aparato que originalmente había partido de Maracaibo se precipitó a tierra, sin daño para quienes integraban la comisión. La prensa manifestó entre otras notas especulativas: ¡Gianluigi pasó a ser el geólogo ítalo-argentino que se salvó de milagro!, tenía para aquel entonces 33 años de edad.

Luego del accidente, su esposa Teresa María se negó a que volviera a subir a uno de esos aparatos, y poco tiempo después retornan a Caracas y ocupan cargos docentes en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, en donde Juan Luis se encargará de dictar Geología Histórica, Geología de Venezuela y Prácticas de Campo o Campo II como se le conoció hace unos 40 años atrás. Tal asignatura tendría un mes de duración, cubriéndose durante el período de verano.

Comentaría J. L. Benedetto que en un estrecho contacto con geólogos franceses, les manifestó su deseo de hacer un doctorado y ellos le recomendarían la Universidad de Brest, en Francia y allí se marcharon, concluyendo así su periplo venezolano en el lapso 1975-1980. Teresa María y Juan Luis se trasladarían a Brest, en cuya universidad obtendrían su doctorado en el año 1984. Ella en paleoecología de comunidades marinas y faunas de moluscos bivalvos del Paleozoico Superior de la Sierra de Perijá, en el estado Zulia (Waisfeld, B. *et al.*, 2015) y él en braquiópodos Devónicos de la Sierra de Perijá (Venezuela). Sistematización e implicaciones paleogeográficas.

Luego de partir del país “los Benedettos”, como así se les conocía, a mediados de los años 80, la cátedra de paleontología de vertebrados sería dictada por el Dr. Omar Linares, peleoecólogo de la Universidad Simón Bolívar, Caracas (F. Urbani, *com. escrita*, 2024), tras él, la asignatura no volvió a ser dictada.

Breve Bibliografía Venezolana

BENEDETTO, J. L. 1984 Les Brachiopodes devoniens de la Sierra de Perija (Venezuela): Systematique et implications paleogeographiques. Université de Bretagne occidentale, (PhD Thesis), 191 p., Cédex - France

BENEDETTO, J.L (1980): Bioestratigrafía del Neopaleozoico de los Andes de Venezuela: una síntesis actualizada - Anais Academia Brasileira de Ciencias, 52(4): Pp. 841-850.

BENEDETTO, G. 1979. La fauna de la Formación Caño del Oeste (Devónico) de la región de Caño Colorado, Sierra de Perijá, Venezuela, Boletín de Geología, 13(25):81-112.

BENEDETTO, G. y ODREMAN, O. 1977. Bioestratigrafía paleoecología de las unidades Permo-carbónicas aflorantes en el área de Carache-Agua de Obispo, estado Trujillo. Memoria V Congreso Geológico Venezolano, 1(:253-288, Caracas.

EDWARDS, D & BENEDETTO, J.L (1985): Two new species of herbaceous lycopods from the Devonian of Venezuela with comments on their taphonomy - Palaeontology, 28(3): 599-618

GARCIA JARPA, R., GHOSH, S., RONDON, F., FIERRO, I., SAMPOL, M., BENEDETTO, J.L., MEDINA, C., ODREMAN, O., SANCHEZ, T.M. y USECHE, A. 1980. Correlación estratigráfica y síntesis paleoambiental del Cretácico de los Andes Venezolanos. Boletín Geológico 14(26): 3-88, Caracas.

SANCHEZ, T.M. 1984. Etude paléoécologique du Paléozoïque supérieur dans le Nord des Andes de Vénézuéla. Esquisse systématique des Mollusques Bivalves. Biostratigraphie du Paleozoïque 2, 165 p., Brest.

SANCHEZ, T.M. 1983. A new permian ophiuroid, *Archaeophiomusium andinum* n. sp. from the Western Venezuela. Geobios 16(1): 10.3-107, Lyon.

SANCHEZ, T.M. y BENEDETTO, J.L. 1983. Paleoecología, comunidades bentónicas y sucesión paleoambiental en el Grupo Río Cachiri, Devónico, Sierra de Perijá, Venezuela. Ameghiniana 20(3-4):163-198.

SANCHEZ, T. y BENEDETTO, G. 1979. Una dentición de tipo Pycnodontiforme del Paleozoico superiore los Andes de Venezuela. Boletín GEOS 25:13-18, Escuela e Geología y Minas, UCV, Caracas.

SANCHEZ, T.M. y BENEDETTO, J.L., 1979. Una dentición de tipo pycnodontiforme del Paleozoico superior de los Andes de Venezuela. *Geos* 25: 13-18, Caracas.

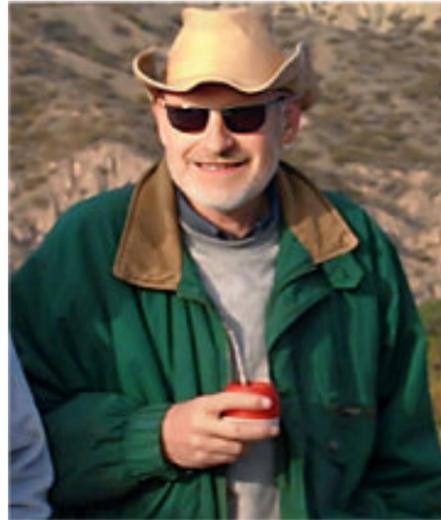
REFERENCIAS CONSULTADAS

CARRERA, MARCELO G. 2015. Semblanza de Juan Luis Benedetto. Asociación Argentina para el Progreso de la Ciencia, AAPC, Ciencia e Investigación, Revista Reseñas, 3(1):20-21. <https://aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-1-2015>, [Documento en línea], (julio 8, 2024).

BENEDETTO, J. L. 2015. El inabarcable mundo de los fósiles. Asociación Argentina para el Progreso de la Ciencia, AAPC, Ciencia e Investigación, Revista Reseñas, 3(1):22-40. <https://>

aargentinapciencias.org/publicaciones/revista-resenas/resenas-tomo-3-no-1-2015, [Documento en línea], (julio 8, 2024).

WAISFELD, B., VACCARI, E., OARRERA, M., GORDILLO, S., STERREN, A. F., SALAS M. J., BERTERO, V., FOGLIA, R., BALSEIRO, D., RUSTÁN, J. J., HALPERN, K., MONTOYA, E., BAYER, S., ROI, F. y BORETTO, G. 2012. Dra. Teresa María Sánchez (1945-2011), Revista de la Asociación Geológica Argentina, 69(1):s/p, Buenos Aires, http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0004-48222012000100013&script=sci_arttext&tlng=en, [Documento en línea], (julio 8, 2024).



Juan Luis Benedetto



Teresa María Sánchez
(1945-2011)



Excursión geológica de Los Andes realizada en el año 1979. Entre los asistentes: Dugar Rivas, Oscar Odreman, Nelly Pimientel de Bellizzia, Carlos Ferrer, Mario Alfaro, Fernando Rondon, el Gocho Vivas, Juan Luis Benedetto (tercero de derecha a izquierda de pie), Raul Garcia Jarpa, Ignacio Fierro, Nesim Benaim, Ernie Echart, Gustavo Canelon, Viterbo Guedez, Anibal Espejo. Foto cortesía del Dr. Ghosh.



José Antonio Rodríguez Arteaga es Ingeniero geólogo, egresado de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, Caracas, con más de 30 años de experiencia. En sus inicios profesionales laboró como geólogo de campo por 5 años consecutivos en prospección de yacimientos minerales no-metálicos de la región Centro-Occidental de Venezuela. Tiene en su haber labores de investigación en Geología de Terremotos y Riesgo Geológico asociado o no a la sismicidad. Es especialista en Sismología Histórica, Historia de la Sismología y Geología venezolanas. Ha recibido entrenamiento profesional en

Metalogenia, Ecuador y Geomática Aplicada a la Zonificación de Riesgos en Colombia. Tiene en su haber como autor y coautor, tres libros dedicados a la catalogación sismológica del siglo XX; a la historia del pensamiento sismológico venezolano y la coordinación de un atlas geológico de la región central del país, preparado junto al Dr. Franco Urbani, profesor por más de 50 años de la Escuela de Geología de la Universidad Central. Actualmente prepara un cuarto texto sobre los estudios de un inquieto naturalista alemán del siglo XIX y sus informes para los terremotos destructores en Venezuela de los años 1812, 1894 y 1900.

rodriguez.arteaga@gmail.com



Marianto Castro es graduada en la Universidad Central de Venezuela en el año 1980; Master en Geología Sedimentaria en la misma universidad en 1983; Especialización en nannoplancton calcáreo en el programa Lagoven – Total CFP Burdeos, Francia - Centro Nacional de Investigación Científica, Orleans, Francia en 1989; Especialización en Proyectos de Gerencia de Ingeniería en el año 1997 en la Universidad Católica Andrés Bello.

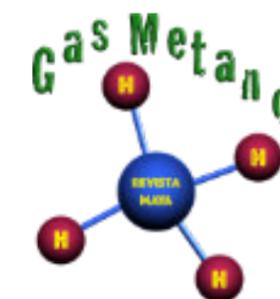
Diecinueve años de experiencia en Canadá en empresas mineras de exploración y en el sector financiero trabajando para Crystallex International Corporation, geólogo asistente del vicepresidente de exploración; U308Corp, gerente técnico de la base de datos y encargada de control de calidad de las muestras y Marrelli Support Services Inc., como oficial para el cumplimiento de pago o devolución de impuestos; revisión de documentación por parte del Gobierno de Canadá y revisión de reportes financieros a ser presentados por pequeñas empresas mineras (exploración) ante las autoridades competentes en Canadá.

Veintidós años de experiencia en la industria petrolera venezolana trabajando para Lagoven S.A. en el laboratorio de geología; Intevp S.A. como estratígrafo y encargada del Código Geológico de Venezuela; y Petróleos de Venezuela S. A. formando parte del equipo de trabajo de la Gerencia del Conocimiento.

Actualmente, consultor independiente; representante por Venezuela ante la Comisión Norteamericana de Estratigrafía y miembro de la Sociedad de Historia de las Geociencias en Venezuela.

Profesora en la Facultad de Ciencias, Escuela de Geoquímica de la Universidad Central de Venezuela

notasgeologiavenezuela@gmail.com



Los años arrugan la piel, pero renunciar al entusiasmo arruga el alma.

Albert Schweitzer

Foro de discusión

Discussion Forum

A sugerencia de uno de nuestros lectores, a partir de la revista de agosto de 2022, estaremos incluyendo las opiniones y discusiones de nuestros lectores en relación a las Notas Geológicas publicadas, lo que permitirá la participación activa de los interesados. En definitiva, este foro de discusión será de gran valor para mantener el interés en una gran variedad de temas geológicos, y creará un ambiente de colaboración cordial entre nuestras comunidades de Geociencias.

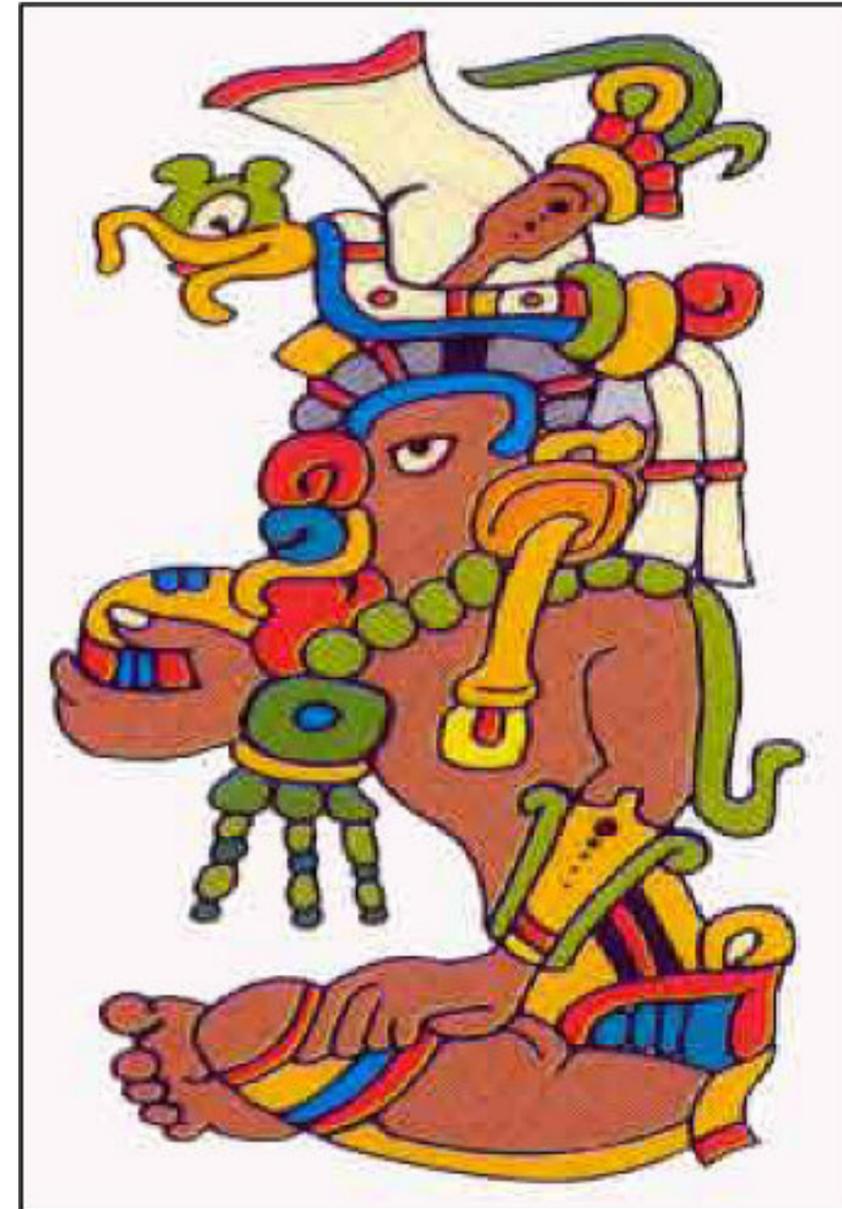
Por favor envíen sus observaciones, comentarios y sugerencias a cualquiera de los Editores de la Revista Maya de Geociencias.

At the suggestion of one of our readers, beginning with this August issue we will be including opinions and discussions from our readers relating to the published geological notes. This will permit active participation by interested parties. This discussion forum will certainly have great value for maintaining interest in a wide variety of geological themes, and will create a cordial, collaborative atmosphere among our geoscience community.

Please send your observations, comments and suggestions to any of the Editors of the Revista Maya de Geociencias.

MISCELÁNEOS

Xaman Ek, Dios de la Estrella Polar



La quinta deidad más común en los códices es Xaman Ek, el dios de la estrella polar, que aparece 61 veces en los tres manuscritos. Se le representa siempre con la cara de nariz roma y pintas negras peculiares en la cabeza. No tiene más que un jeroglífico de su nombre, su propia cabeza, que se ha comparado a la del mono. Esta cabeza, con un prefijo diferente al de su nombre, es también el jeroglífico del punto cardinal norte, lo cual tiende a confirmar su identificación como dios de la estrella polar. La naturaleza de su aparición en los manuscritos indica que ha de haber sido la personificación de algún cuerpo celeste, importante.

Museo del Hombre, La Coruña, España.

Haz click en la imagen



GeoLatinas involucra a las/los científicas/cos de la Tierra y el Espacio, facilitando colaboraciones y relaciones entre estudiantes, profesionales y académicos, incluso fuera de las Geociencias, es una organización inclusiva, colaborativa y dirigida por sus miembros, trabajamos mediante subcomités dirigidos por pequeños equipos permitiendo alcanzar nuestros objetivos, e impactar más allá de la comunidad científica llegando al público en general.

Queremos presentarles nuestra iniciativa de GeoSeminarios en su edición en español y para trabajos de tesis, formando parte del área de Educación y Divulgación, con esta iniciativa abrimos un medio más para la divulgación y promoción de los trabajos de investigación, así como también para que se presenten los proyectos de tesis de grado de todos los niveles académicos, ofreciendo un espacio para que nuevos investigadores desarrollen sus habilidades de comunicación científica a todo tipo de público, permitiendo que tengan un alcance nacional e internacional, destacando la participación principalmente de las mujeres. Desde el 08 de octubre del 2021 que realizamos el primer GeoSeminario a la fecha hemos llevado a cabo 26 presentaciones de temas variados con impacto científico, social, y en la salud. Te invitamos a presentar en nuestro espacio tu trabajo en Geociencias ya sea de tema especializado tanto de interés para la academia como para la industria o tu proyecto de grado de cualquier nivel académico. **Sigue nuestros GeoSeminarios, ya sea en vivo o visitando nuestras redes sociales y viendo las grabaciones:** <https://geolatinas.org/> <https://www.facebook.com/GeoLatinasFace/>

Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas. División GeoSeminarios

COMITÉ DE EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

GeoSeminarios

¡QUEREMOS DAR A CONOCER TU TRABAJO!

En GeoLatinas estamos por comenzar la temporada 2023 de **GeoSeminarios**

Una iniciativa creada para la divulgación técnica y científica de las Ciencias de la Tierra y Planetarias*.

¡Y nos encantaría dar a conocer tu trabajo de

- Investigación
- Tesis
- Campo laboral
- etc...!

Si te interesa participar te invitamos a llenar nuestro [formulario](#).

O envíanos un mensaje en nuestras redes sociales.

(*Esta iniciativa está abierta a todo género, raza, edad, etc.)

GeoSeminarios disponibles en:

GeoLatinas Latina in Earth and Planetary Sciences

geolatinas.org
@geolatinas_latina
GeoLatinas_Latina

El Comité de Educación y Divulgación de GeoLatinas
invita al:
GeoSeminar
Enseñanza de Ciencias de la Tierra,
estrategias educativas innovadoras



**DRA. SUSANA
ALANIZ ÁLVAREZ**

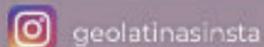
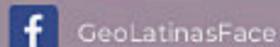
*Investigadora en Instituto de
Geociencias - UNAM*



A través de su diplomado, se enseña —demostrando experimentalmente— conceptos fundamentales para entender grandes temas de Ciencias de la Tierra, como son la Deriva Continental, la edad de la Tierra y el Campo Magnético, entre otros temas.

Viernes, 02 de agosto, 2024

11:00 am - Hora México



Reunión Anual de la Unión Geofísica Mexicana



OCTUBRE 27 A NOVIEMBRE 1, 2024

Hotel Sheraton Buganvillas · Puerto Vallarta · Jalisco · México

TEMAS

Arqueometría · Climatología, cambios climáticos y atmósfera · Ciencias del suelo · Exploración geofísica · Física espacial · Geología estructural y tectónica · Geodesia · Geología y geofísica ambiental · Geología del petróleo · Geomagnatismo y paleomagnetismo · Geohidrología · Geoquímica y petrología · Modelación de sistemas geofísicos · Oceanología · Oceanografía costera · Paleontología · Riesgos naturales · Sedimentología y estratigrafía · Sismología · Vulcanología

FECHAS LÍMITE

Propuesta de sesiones especiales y curso: **Junio 2** · Registro de resúmenes: **agosto 11** · Pre-registro de participantes: **septiembre 8**

Toda la información de este congreso la pueden consultar en:

<https://www.raugm.org.mx/>



<https://www.aapg.org/global/latinamerica/events/workshop/articleid/66156>

EXPLORA
Colombia Oil and Gas Prospects and Business Expo

Inscripciones Abiertas
Registration Open

Descuento del 20% hasta el 31 de Julio
Early Bird 20% Discount Ends July 31st

World Trade Center, Bogotá, Colombia, September 3 - 4, 2024

<https://eage.eventsair.com/first-eage-symposium-on-geosciences-for-new-energies-in-america/>

EAGE Workshop on Near Surface Geoscience & Mineral Exploration

3-5 DECEMBER, MEXICO CITY, MEXICO

[LEARN MORE ABOUT THE SYMPOSIUM](#) [SUBMIT YOUR ABSTRACT HERE!](#)

Welcome to the EAGE Workshop on Near Surface Geoscience & Mineral Exploration

We are delighted to extend an invitation to the EAGE Workshop on Near Surface & Mineral Exploration, scheduled to take place in Mexico City from December 3 - 5, 2024.

Following the success of our previous workshops, this year's event promises to be an exceptional gathering of industry leaders, professionals, researchers, and companies at the forefront of Near Surface Geoscience and Mineral Exploration in the region.

<https://www.facebook.com/INAGEQ>

SEGUNDA CIRCULAR

XXXIV CONGRESO NACIONAL DE GEOQUÍMICA

DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS DE LA TIERRA, UABS
LA PAZ, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO
07 - 11 DE OCTUBRE DE 2024

Convocatoria

La Universidad Autónoma de Baja California Sur (UABCS), a través del Departamento Académico de Ciencias de la Tierra en colaboración con El Instituto Nacional de Geoquímica A.C. (INAGEQ), invitan a la comunidad de investigación en Ciencias de la Tierra y Ciencias afines a la química de los sistemas terrestres a participar en el XXXIV Congreso Nacional de Geoquímica-INAGEQ 2024, que se llevará a cabo del 07 al 11 de octubre de 2024 en modalidad presencial en las instalaciones de la UABCS.

Segunda circular 07-11 octubre



El capítulo local en México de la **European Association of Geoscientists & Engineers (EAGE)** acaba de cumplir su primer año. Para celebrar este primer aniversario tuvo lugar un concurrido evento en la tarde-noche del pasado jueves 18 de julio, en la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC) en Villahermosa, Tabasco. Se trató de un evento abierto tanto para sus miembros como para los de otras asociaciones vecinas.

La celebración comenzó con un mensaje de bienvenida y un repaso a las actividades desarrolladas por la asociación durante el año, destacando el segundo lugar obtenido por el capítulo local a nivel mundial dentro de la organización.

A continuación se contó con dos charlas técnicas, a cargo de dos destacados ponentes dentro de la industria. La primera ponencia bajo el título: *“Control Geológico sobre la Estructura Cabalgada de la Sierra Madre Oriental en Veracruz, Sureste de México”* fue impartida brillantemente por la M.I. Irasema Olvera, líder técnico dentro de la Gerencia de Estudios Regionales de Petróleos Mexicanos, contando con la presencia del también coautor el M.Sc. Mario Aranda. En ella se presentaba un modelo geológico del área, el cual ha ido evolucionando gracias al aumento en la calidad de la imagen sísmica a lo largo del tiempo, haciendo hincapié en el análisis estructural llevado a cabo. Sin duda una presentación muy interesante para los asistentes involucrados en el desarrollo de campos en áreas cercanas al estudio, como el Campo Ixachi.

Para la segunda ponencia, se tuvo el honor de contar con la M.I. María de Jesús Correa, Gerente de Caracterización y Evaluación Estática de Campos Estratégicos (GCEECE). Durante la charla titulada *“Importancia de la Caracterización de Yacimientos 360° para Seleccionar la Mejor Estrategia de Desarrollo de Nuevos Campos Petroleros”* mostró la relevancia de integrar estudios de diferente índole, involucrando distintas disciplinas, mediante ejemplos en el desarrollo de campos tanto Terciarios como Mesozoicos, acompañada por uno de sus coordinadores, el M.enC. Dante Israel Granados y una buena representación de la Gerencia.

A continuación, y después de una divertida ronda de preguntas con souvenirs como premios, se pasó al brindis de celebración de este primer aniversario de la EAGE Mexico Local Chapter, no sin antes agradecer a los patrocinadores del evento: VASE Geofísica y Sísmica Aplicada; y la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción (CMIC); así como a todos los asistentes. La velada concluyó con tiempo para conversar con colegas, así como para hacer nuevos contactos, mientras se disfrutaba de un ambigü.

La casa de los Tsunamis

<https://www.britannica.com/science/tsunami>

<https://www.usgs.gov/faqs/what-are-tsunamis>

<https://ecoexploratorio.org/amenazas-naturales/tsunami/que-es-un-tsunami/>

http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=category&id=1004&Itemid=1004

<https://www.ready.gov/tsunamis>

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/tsunami.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=Z-2khcTHIgs&t=472s>



Caverna del arte

Petróleo

Voy hacia abajo
a ciegas,
hacia las playas viejas,
hacia el pasado,
hacia las algas azules
que habitaron someros mares olvidados,
hacia valles y deltas perdidos en el tiempo.

Voy, al fin,
hacia los restos irreconocibles
de las plantas antiguas,
de los bichos,
los hongos y los líquenes
y de toda esa vida que ya no existe.

Y mientras bajo
sueño
con domos de sal y anticlinales
con trampas estratigráficas
y con fallas en todos los sentidos y los planos,
estudiadas por todos,
imaginadas por todos,
dimensionadas por todos los que persiguen su deseado cuerpo,
y sin embargo jamás ha visto nadie
y que seguro jamás nadie vea.

Cómo querría sentir las con las manos
enterrar mis ciegos ojos y mi cara en las arenas
fluir mi cuerpo todo por medio de sus poros
y migrar lentamente
siguiendo las presiones...
hasta que en un futuro incierto
con el petróleo la tierra me consuma.

Hugo Martelli. Nacido en Buenos Aires (1954). Agente de la Administración de Parques Nacionales (1979-1985) y desde entonces abogado especializado en recursos naturales y energía. Email: hugo.martelli@martelliabogados.com

**Libros: Museo del Hombre, La Coruña, Galicia, España.
Fotografía de Claudio Bartolini, 2024.**



Gladiador Romano: Museo del Hombre, La Coruña, Galicia, España. Escultura de Fernando Botero.

Fotografía de Claudio Bartolini, 2024.



M.Sc. **Wilmer Pérez Gil** (Pinar del Río, Cuba, 1983) es Ingeniero Geólogo egresado de la Universidad de Pinar del Río "Hermanos Sáiz Montes de Oca" en 2010. A partir de 2012 ejerce como docente en el Dpto. de Geología, perteneciente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la referida casa de altos estudios. Imparte asignaturas en pregrado como Geología General, Fotografía y Dibujo Geológico Básico, Rocas y Minerales Industriales, entre otras disciplinas. Desde 2011 se desempeña como responsable de Eventos y Asuntos Editoriales de la Sociedad Cubana de Geología, en la filial de la provincia de Pinar del Río. A inicios de 2021 crea el proyecto "Geocaricaturas", grupo público de Facebook para la promoción del conocimiento de las ciencias de la Tierra, con una perspectiva educativa a través del humor inteligente. Buena parte de las caricaturas de temática geológica que conforman esta iniciativa gráfica se han publicado en secciones de geohumor de revistas como Ciencias de la Tierra (Chile), y Tierra y Tecnología (España). Desde finales del propio 2021 es miembro del LAIGEO o Capítulo Latinoamericano de Educación de las Geociencias (IGEO, por sus siglas en inglés), donde se presenta como responsable del Proyecto "GeoArte en América Latina y el Caribe". Posee varios geopoemas y geocuentos dedicados a la geología, algunos publicados y otros aún inéditos, donde fusiona literatura, ciencia e imaginación. Si deseas comunicarte con el Artista. If you wish to contact the Artist: wilmerperezgil5@gmail.com

Descubren uno de los registros humanos más antiguos de Sudamérica a solo 40 kilómetros del Obelisco

Este registro pone en discusión cuándo fue exactamente el arribo al continente americano". Con estas enigmáticas palabras, Mariano Del Papa, licenciado en Antropología especializado en Arqueología y doctor en Ciencias Naturales por la Universidad Nacional de La Plata (UNLP), aludió a un mojón trascendental: el momento en que los viajeros de ese "arribo" (nosotros, los humanos) llegaron al continente americano, evento que, reveló un hallazgo reciente de investigadores argentinos nada menos que en Merlo, Provincia de Buenos Aires, habría ocurrido mucho antes de lo que se pensaba. Hace 21.000 años.

https://www.clarin.com/sociedad/descubren-registros-humanos-antiguos-sudamerica-solo-40-kilometros-obelisco_0_FpAbifeWqA.html

<https://cnnespanol.cnn.com/2018/05/18/encuentran-la-evidencia-humana-mas-antigua-de-argentina-y-quiza-de-america-latina/>

<https://newsmagazinevm.com.ar/2024/07/17/descubren-uno-de-los-registros-humanos-mas-antiguos-de-sudamerica-a-solo-40-kilometros-del-obelisco/>

<https://www.diarioconvos.com/2024/07/17/cientificos-descubren-registros-humanos-sudamerica/>

<https://ayacuchoaldia.com.ar/>

Compilado por Nimio Tristán,
Geólogo,
Houston, Texas



Trabajo de antropólogos y paleontólogos de la UNLP a orillas del río Reconquista, en Merlo. Foto gentileza Fundación Azara

COMO PARTE DE LAS ACTIVIDADES DE DIFUSIÓN DE NUESTRA REVISTA DE GEOCIENCIAS, TENEMOS UNA RELACIÓN DE BUENA FE Y AMISTAD CON LAS ESCUELAS, SOCIEDADES Y ASOCIACIONES GEOLÓGICAS EN OTROS PAÍSES DEL MUNDO.

Universidad Tecnológica de la Habana, CUJAE - <https://cujae.edu.cu/>

Escuela de Geofísica: <https://t.me/ConoceGeofisicaCujae.edu.cu/>

Instituto Nacional de Geoquímica (México). <https://www.inageq.com/>



Geología Médica

<http://www.medgeomx.com/>



GeoLatinas

<https://geolatinas.org/>



<http://cbth.uh.edu/>



Asociación de Geólogos y Geofísicos Españoles del Petróleo

<https://aggep.org/>



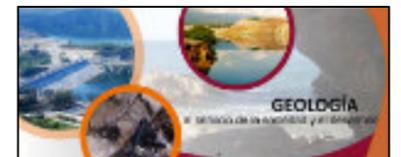
Sociedad Geológica de España

<https://sociedadgeologica.org/>



Sociedad Cubana de Geología

<http://www.scg.cu/>



Sociedad Dominicana de Geología

<http://sodogeo.org/>



Universidad Tecnológica del Cibao Oriental, República Dominicana

<https://uteco.edu.do/>





Pieza de Mayapán, Yucatán. INAH. MUSEO REGIONAL DE ANTROPOLOGÍA